SCIENCES ET AVENIR
SCIENCES et AVENIR
SCIENCESETAVENIR.FR

© NASA EARTH OBSERVATORY/AFP, BLACKWELL/AFP/SIPA, ALAIN RIAZUELO/SCIENCES ET AVENIR. PHOTOMONTAGE SAV

URGENCES MÉDICALES

Le high-tech qui nous sauve la vie

p.70

TROUS NOIRS ERRANTS

p.50

Leur existence vient d'être vérifiée

UNE VRAIE MENACE DE FIN DU MONDE ?

NEUROPOLIS

A Lausanne, la capitale du cerveau virtuel p.8

DÉCEMBRE 2012 - N° 790 - 4 €

www.nouvelle-golf.fr

Golf. Das Auto.

A partir de 199 €(1) par mois avec 3 ans de garantie inclus(2)

Avec son nouveau design et ses lignes racées, la nouvelle Golf attire les regards. Son aérodynamisme optimisé et son poids allégé permettent de réduire votre consommation de carburant.

Nous avons pensé à vous pour concevoir la Golf, Das Auto.

Das Auto.

Location Avec Option d'Achat sur 36 mois, 1er loyer majoré de 3180 € suivi de 35 loyers de 199 €.
Montant total dû en cas d'acquisition : 18205 €. Offre valable du 6 septembre au 31 décembre 2012.

Un crédit vous engage et doit être remboursé. Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

Volkswagen recommande **Castrol EDGE Professional**

Volkswagen Group France s.a. - R.C.S. Soissons B 602 025 538

Cycles mixtes de la gamme Golf (l/100 km) : 3,8 à 4,9. Rejets de CO_2 (g/km) : 99 à 122. Consommations et émissions de CO_2 au 01/11/2012. (1) LOA sur 36 mois et 45 000 km. Ex : Volkswagen Golf 7 Trendline 3 portes 1.2 TSI 85 BVM5 au prix spécial pour ce financement de : 16 290 €, offre de reprise de 1 500 € déduite du prix catalogue de 17 790 € TTC (tarif au 06/09/2012 avec garantie 2 ans). Option d'achat finale : 8 060 € ou reprise du véhicule suivant engagement sous conditions de votre Concessionnaire. Montant total dû hors option d'achat 10 145 € dont 612 € de garantie additionnelle obligatoire. Garantie additionnelle de 1 an obligatoire de 17 €/mois inclus dans les loyers, souscrite auprès de VOLKSWAGEN VERSICHERUNG AG – SA de droit allemand – capital 50 000 € – Succursale France : Paris Nord 2, 22 avenue des Nations – Bat Rostand – 93420 Villepinte – RCS Bobigny 529 212 912 – Société d'assurance régie par le Code des assurances et soumise au contrôle de l'ACP. (2) Offre réservée aux particuliers chez les Concessionnaires Volkswagen participants, sous réserve d'acceptation du dossier par Volkswagen Bank GmbH – SARL de droit allemand – Capital 318 279 200 € – Succursale France : Paris Nord 2 – Av. des Nations – 93420 Villepinte – RCS Bobigny 451 618 904 – ORIAS : 08 040 267 (www.orias.fr) et après expiration du délai légal de rétractation. Montants exprimés en TTC hors assurances facultatives. Assurance facultative Décès-Incapacité : à partir de 6 €/mois issue de la convention d'assurance collective n° 2420/593 souscrite auprès de Cardif Assurance Vie SA au capital social de 688 507 760 €, N° 732 028 154 RCS Paris et Cardif Assurances Risques Divers SA au capital social de 14 784 000 €, N° 308 896 547 RCS Paris, Siège social : 1 Boulevard Haussmann – 75009 Paris. Ce montant s'ajoute à la mensualité en cas de souscription. **Modèle présenté :** Golf Carat 1,6 TDI 105 5p, avec options peinture métallisée, jantes 18" Durban, projecteurs bi-xénon et toit ouvrant électrique. **1er loyer majoré de 6 270 € suivi de 35 loyers de 346 €. Montant total dû en cas d'acquisition 32 290 €** (LOA sur 36 mois et 60 000 km). **Cycle mixte (l/100 km) : 3,8. Rejets de CO_2 (g/km) : 99. Das Auto. : La Voiture.**

Sciences et Avenir
33, rue Vivienne 75083 Paris Cedex 02
Tél. : 01.55.35.56.00. Fax : 01.55.35.56.04
E-mail : redaction@sciencesetavenir.fr
Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction
Dominique LEGLU 56.02
Rédacteurs en chef
Carole CHATELAIN **(mensuel)** 56.57
Aline KINER **(hors-série)** 56.42
Olivier LASCAR **(pôle digital)** 56.15
Rédactrices en chef adjointes
Andreina DE BEI **(photo-iconographie)** 56.31
Pascale PAOLINI **(édition)** 56.10
Secrétaire générale de la rédaction
Véronique MESSAGER 56.18
Chefs de service
Rachel MULOT (enquêtes) 56.07
Mathieu NOWAK (actualités, rendez-vous) 56.38
Adjoint au chef de service
Hervé RATEL (actualités) 56.45
Chefs de rubrique
Azar KHALATBARI (fondamental, sciences de la Terre) 56.46
Sylvie RIOU-MILLIOT (médecine, santé) 56.54
Rédaction
Bernadette ARNAUD grand reporter (archéologie, histoire) 56.44
Olivier HERTEL (technologies, futur, décryptage) 56.03
Cécile MICHAUT (chimie, nouveaux matériaux) 56.27
Sylvie ROUAT (espace, astronomie) 56.40
Elena SENDER grand reporter (biologie, neurosciences) 56.43
Collaborateurs : Yves BLANC, Guillaume CANNAT, Loïc CHAUVEAU, Marie-Noëlle DELABY, Pierre MIQUEL, Henri-Pierre PENEL
Ont collaboré à ce numéro : Laurent BRASIER, Arnaud DEVILLARD, Emilie GILLET, Jean-François HAIT, Pierre KALDY, Jérémi MICHAUX, Vincent REA
Secrétariat de rédaction
Frank MIETTON 56.17 (1re secrétaire)
Maquette
Dominique PASQUET (direction artistique, conception) 01.44.88.35.51
Yves CLAVEL (directeur artistique) 56.22
Thalia STANLEY (directrice artistique adjointe) 56.21
Horia BAHRI 56.19, Jean-Louis GILABERT 56.28
Photo-iconographie
Isabelle TIRANT 56.32
Illustration
Sylvie DAOUDAL 56.20, Betty LAFON 56.37
Photogravure
Karine HUET 56.25
Pôle digital
Damien HYPOLITE (chef de projet infographie) 56.23
Joël IGNASSE (rédacteur spécialisé) 56.56
Documentation
Isabelle DO O'GOMES (chef de service) 56.49,
Astrid SAINT AUGUSTE 56.48
Renseignements aux lecteurs, vente au numéro
Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30
courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr
Informatique : Daniel DE LA REBERDIÈRE 56.06
Gestion : Agnès LE BOUCHER 56.16
Comptabilité : Tania MINISTRO 56.14, Nathalie TRÉHIN 56.13
Assistante de direction
Valérie PELLETIER 56.01

Abonnements : 01.40.26.86.11
142, rue Montmartre, 75103 Paris Cedex 02
abonnements@sciencesetavenir.fr
Abonnements Belgique : Partner Press, tél. : 00.32.2.556.41.40
www.viapresse.be

Publicité
MediaObs. 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : 01.44.88.97.79.
Tél. : composer le 01.44.88 suivi des 4 chiffres entre parenthèses.
Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de @mediaobs.com
Directrice générale
Corinne ROUGÉ (93.70) assistée de Marie-Noëlle MAGGIE (93.70)
Directeur de publicité adjoint : Sylvain MORTREUIL (97.75)
Responsable Web : Romain COUPRIE (89.25)
Assistante commerciale : Séverine LECLERC (97.57)
Exécution : Nicolas NIRO (89.26)
Administration des ventes : Caroline HAHN (97.58)

Ventes
Directeur commercial
Jean-Claude ROSSIGNOL 01.44.88.35.40
Directrice commerciale adjointe
Paule COUDERAT 01.44.88.34.55
Directeur des ventes
Valéry SOURIEAU
Directeur des abonnements
Philippe MENAT 01.44.88.35.02 assisté de Lina QUACH 34.54
Relations extérieures
France ROQUE 01.44.88.35.79
Sciences et Avenir SAS
Président : Claude PERDRIEL
Directeur de la publication : Claude PERDRIEL

Vente au numéro, **33, rue Vivienne, 75002 Paris**. Tél. : 01.55.35.56.00. Fax 01.55.35.56.04. Les abonnements et réabonnements doivent être adressés à Sciences et Avenir, Service abonnements, 142, rue Montmartre, 75002 Paris. Tél. : 01.40.26.86.11. Tarif des abonnements : France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros + 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pour les pays étrangers sur demande.
Multimédia : ID OBS, 10-12, place de la Bourse, 75002 Paris. Tél : 01.44.88.34.34.
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Presstalis.

Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec Sciences et Avenir, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend une encart BOSE jeté sur couverture sur la totalité de la diffusion abonnés et, en diffusion partielle des abonnés, un encart InOBS, un encart Caur'Intéresse et un catalogue Objet du Mois jetés sur couverture. Commission paritaire n° 0615 K 79732. ISSN 00036650. Diffusé par NMPP Photogravure : PCB, 10-12, place de la Bourse 75002.

B. MARTINEZ

DOMINIQUE LEGLU
Directrice de la rédaction

“Attraction infinie”

Encore une victoire de l'esprit sur la matière, aurait dit Michel Audiard sur un ton goguenard. Plus sérieusement, comme souvent en science, il faut se rendre à l'évidence : c'est bien d'une étonnante prédiction théorique qu'est né le nouvel objet céleste qui trône sur la couverture de *Sciences et Avenir*, le « trou noir errant » ! Révélé par les équations et le cerveau fertile d'un scientifique – en l'occurrence une scientifique, l'astrophysicienne américaine Kelly Holley-Bockelman *(lire p. 54)*. Elle l'a prédit, il a surgi. A tout seigneur tout honneur, c'est Hubble, roi des télescopes, qui le premier l'a vu. Et maintenant, l'avalanche : c'est par centaines, pense-t-on, que les trous noirs errants, tels des chevaliers à la triste figure, arpenteraient notre propre galaxie.

Décidément, cet objet céleste au pouvoir fantasmatique aussi puissant que sa capacité à tout absorber aura connu un destin scientifique hors normes. Il y a presque un siècle, c'est déjà de façon toute théorique que ses bases furent jetées. Attention, à l'époque, rien ne portait encore ce nom de trou noir, car le nom lui-même n'existait pas. Seule l'idée planait au-dessus des esprits. Le papa putatif, Albert Einstein lui-même et ses équations de la relativité générale, ne voulut même pas en entendre parler. Le physicien allemand Karl Schwarzschild – plus connu maintenant pour son fameux « rayon » (1) – avait proposé une solution décoiffante aux équations de son auguste confrère : l'équivalent mathématique d'un monstre à capturer toute matière et lumière pour cause d'attraction gravitationnelle infinie. Mais lui non plus ne consentit pas à franchir le pas entre prédiction théorique et réalité physique du monde cosmique. Bon pour les équations, pas pour la voûte céleste !

Alors, y croire pour de vrai ? Il y fallait un esprit aussi audacieux, voire caractériel, du genre Fritz Zwicky, l'astrophysicien suisse qui traqua pendant des années les phénomènes les plus violents de l'Univers actuel, les explosions d'étoiles en supernovae… Ou un visionnaire comme John Wheeler qui, le premier, en 1968, lança à la face du monde scientifique le mot même de « black hole » (2). Un concept sombre au brillant avenir !

Maintenant que les équations ont pris corps, si l'on ose écrire, et qu'on les découvre en balade cosmique, forcément on s'inquiète. S'il vient dans nos parages, l'objet va-t-il semer le chaos ? En ces temps de rumeurs d'apocalypse pré-21 décembre 2012 (3), *Sciences et Avenir* se devait d'aller y voir. Nous vous laissons la primeur de la découverte de la probabilité de rencontre avec la triste figure. Avant le passage à l'acte, soyons-en sûrs, le trou noir demeurera sublime objet d'étude. Comme l'écrivait Wheeler, amoureux de sa créature : *« Il nous enseigne que l'espace peut être froissé à l'instar d'un morceau de papier en un point infinitésimal, que le temps peut être éteint comme une flamme que l'on souffle et que les lois de la physique ne sont ni “sacrées” ni immuables, comme nous le pensons. »*

(1) Le rayon de Schwarzschild d'un objet astronomique est celui en dessous duquel, si sa matière est suffisamment comprimée, il devient un trou noir. Exemple, La planète Terre tiendrait dans un petit dé à coudre.
(2) Il raconta dans son livre (non traduit) *Geons, Black Holes, and Quantum Foam* qu'avant d'apparaître dans un de ses articles scientifiques, le mot avait d'abord été prononcé par un auditeur lors d'une conférence qu'il avait donnée en 1967. Le terme de trou noir viendrait donc d'un anonyme !
(3) Lire à ce sujet « Fin du monde. La science face aux croyances », *Sciences et Avenir* n° 753, novembre 2009.

Le futur est de retour.

Un album subtil et tendre. Dès les premières notes, il vous touche et vous capte. Pour vous entraîner dans un voyage terriblement émouvant au cœur d'un continent musical inouï, à la fois spirituel et futuriste, charnel et spatial.
SCIENCES ET AVENIR

Une musique atmosphérique, à la fois futuriste et ouverte sur le monde entier, pilotée par Yves Blanc, un vieux briscard de la radio, passé par France Inter, Radio Nova et Radio Canada.
FRANCE INFO

«La Planète Bleue» est sans aucun doute la meilleure émission radio qui soit. Ce disque est son résumé : une mine d'or, que dis-je ? Un miracle !
AMAZON.FR

SCIENCES AVENIR

laplanetebleue.com

COUL EUR3 RTS

M. KULYK/SPL/AFP - US ARMY SPC ERICA RUTHERFORD - NASA/JPL - CALTECH/R. HURT (SSC) - ESA/NASA

3 **EDITO :** « Attraction infinie »

7 **COURRIER**

L'ÉVÉNEMENT info

8 Neuropolis, future cité du cerveau virtuel

ACTUALITÉS

L'INFOGRAPHIE DU MOIS

14 Comment Internet relie-t-il les 5 continents sous les mers ?

TERRE ET COSMOS

16 Hausse record de la banquise antarctique

FONDAMENTAL

20 La foudre se met en boule et en équation

PASSÉ

22 Des gravures découvertes à Stonehenge

FUTUR

26 Le premier muscle artificiel qui va se mesurer à l'homme

NATURE

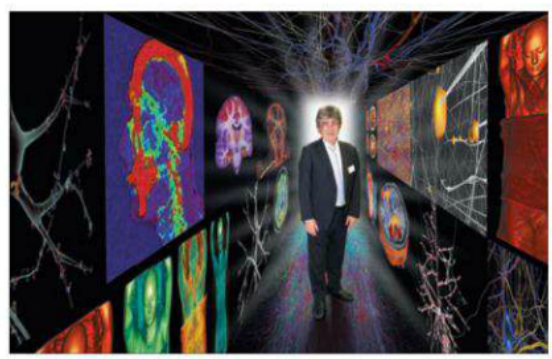
28 Biocarburants, la piste du champignon de Paris

SANTÉ ET BIOLOGIE

36 Premier succès d'un vaccin contre la dengue

NUTRITION

44 Le miel peut-il être utilisé comme antiseptique ?



A. HERZOG/EPFL/O. RATIB/EDITIONS FAVRE/EPFL/BLUE BRAIN PROJECT/BSP/AFP

Neuropolis, future cité du cerveau virtuel p. 8

LARRY ROCHEFORT/STIGMAT POUR S. ET A.

High-tech pour apprentis médecins p. 70

ANDRÉ VIEIRA/PICTURE TANK POUR S. & A.

Manuela Carneiro da Cunha p. 46

Techno-cadeaux p. 82

DR

RENCONTRE

46 **Manuela Carneiro da Cunha :** « Il est salutaire de se frotter à d'autres visions du monde »

DOSSIER

50 **La menace des trous noirs errants**

56 Un itinéraire dévastateur à travers le système solaire

58 La matière étrange va-t-elle nous engloutir ?

DÉCOUVERTES

60 **PORTFOLIO** La beauté cachée du nanocosmos

64 **ENERGIE** Recherche uranium désespérément

70 **SANTÉ** Des mannequins high-tech pour apprentis médecins

74 **AÉROSPATIALE** La course aux très grands sauts

DÉCRYPTAGE

78 La Joconde aurait-elle une version antérieure ?

80 La lampe photocatalytique antimoustiques

S'ÉVADER

82 **SPÉCIAL FÊTES** Les techno-cadeaux

90 **LE CIEL** de décembre

92 **RENDEZ-VOUS**

94 **LIVRES** Les meilleurs des mondes

98 **AUTOUR D'UN LIVRE** info Entretien avec Jean-Michel Besnier : « L'homme produit des techniques qui ont pour but d'abolir le langage »

DDB

390 KG DE DÉCHETS PAR PERSONNE ET PAR AN C'EST BEAUCOUP, ET SI ON AGISSAIT AUTREMENT?

En donnant ou en vendant ce qui est en bon état et ne sert plus, on peut réduire ses déchets de 13 kg par personne et par an.

RÉDUISONS VITE NOS DÉCHETS, ÇA DÉBORDE.

reduisonsnosdechets.fr

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'écologie, du Développement durable et de l'Énergie

ADEME

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

Sectes et hôpital : les lecteurs réagissent

Notre enquête « Les sectes à l'hôpital » (*Sciences et Avenir* n° 789, novembre 2012) a suscité de très nombreuses réactions de la part de nos lecteurs. En voici des extraits ainsi que nos précisions.

L'événement

Les sectes entrent à l'hôpital

« LORSQUE VOUS AVEZ TROUVÉ UN ALLIÉ, RESTEZ EN CONTACT AVEC LUI... »

Même si la thérapie en cause n'a pas de valeur scientifique, elle a, en revanche, une valeur humaine certaine très intéressante pour les patients souffrants […]
A l'hôpital, ces thérapeutes sont encadrés et les patients ne seront plus tentés de quitter les soins classiques pour se tourner vers des thérapies alternatives puisqu'ils auront pu expérimenter la complémentarité des soins. »

Dr Thérèse Quille, Saint-Dié-des-Vosges

Soyez persuadé que je ne suis pas un fana inconditionnel des médecines dites parallèles et qu'elles cachent beaucoup de charlatans […] mais peut-on, par exemple, rejeter l'homéopathie, l'acupuncture et les ventouses simplement parce que nos scientifiques n'ont pas fait les études ? Les siècles d'utilisation ne peuvent-ils remplacer ces études ? »

Pierre Dutto, courriel

Je suis soigné depuis trente ans (j'ai 31 ans…) par homéopathie, je me rends régulièrement chez un ostéopathe posturologue qui, contrairement aux allopathes, réussit à peu près à quelque peu soulager mes douleurs lombaires chroniques, bref, je suis en quelque sorte un adepte de ces médecines alternatives que vous semblez vouloir dénigrer en bloc […] Ne pensez-vous pas qu'il serait bon d'encadrer ces pratiques, de discuter avec les praticiens ouverts sur ce qui est acceptable ou ce qui ne l'est pas ? De mettre au point des protocoles de travail en coopération, en acceptant à l'hôpital des gens qui ne remettent pas en cause les thérapies classiques mais qui se placent en complément de ces thérapies ? »

Pierre-Adrien Plet, courriel

Sciences et Avenir **:** Nous ne rejetons pas ces pratiques. Si elles persistent aujourd'hui, c'est bien souvent parce qu'elles pallient les carences d'une médecine moderne jugée déshumanisée et oubliant trop souvent le ressenti des patients. Notre objectif était en revanche de mettre en garde nos lecteurs en montrant que certaines d'entre elles exposent les malades à des dérives thérapeutiques, voire sectaires. Car le fait que ces pratiques soient, pour certaines, ancestrales ne les exempte pas d'un regard critique et d'une approche scientifique. Et on ne peut les admettre à l'hôpital sans se poser au préalable la question du suivi des patients une fois qu'ils ont quitté la structure. Le risque, comme nous l'avons montré, est en effet qu'ils soient projetés dans un réseau de thérapeutes déviants.

A lire ce mois-ci sur notre site

www.sciencesetavenir.fr

VIDÉO
Saturne a été le théâtre d'une tempête pendant presque toute l'année 2011. Voyez le tourbillon laissé derrière elle.

INFOGRAPHIE
A Villeneuve-d'Ascq et Angoulême, Auchan et Leroy Merlin testent un système de paiement par reconnaissance d'empreintes digitales.

DIAPORAMA
Le squelette entier d'un mammouth a été mis au jour à Changis-sur-Marne. Toutes les photos de la découverte.

Rectifications

Dans le n° 789, *S. et A.* daté novembre. Sur le poster, à la suite d'un problème technique, les cartes de la Pangée du crétacé et du trias ont été inversées. Les bonnes cartes sont publiées sur notre site Internet.
Une erreur s'est glissée dans le numéro de téléphone du Muséum national d'histoire naturelle. Le bon numéro est : 01.40.79.30.00.

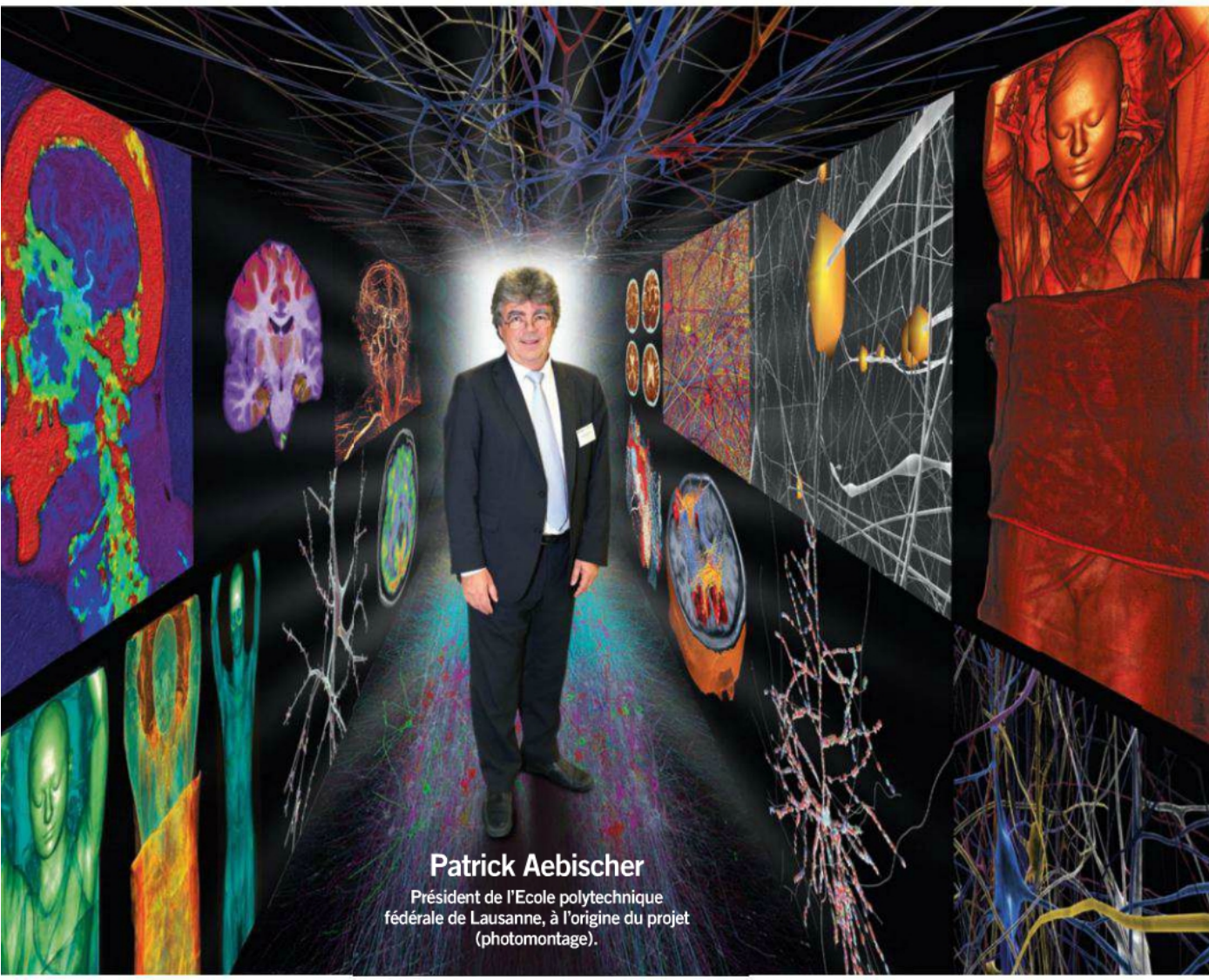
Neuropolis, future capitale du cerveau virtuel

Créer un cerveau humain numérique : tel est l'ambitieux projet de Neuropolis. Le programme, présélectionné par l'Union européenne, pourrait recevoir un milliard d'euros sur dix ans. Reportage en Suisse, où se construit le pôle de la recherche sur les neurosciences.

Pour l'instant, ce n'est qu'un pré sur le campus de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), face au lac Léman, avec vue imprenable sur les Alpes suisses. Dans quatre ans, s'élèvera un bâtiment futuriste de 30 000 m² d'une valeur de 100 millions de francs suisses (83 millions d'euros) qui abritera un projet exceptionnel baptisé Neuropolis, voulu conjointement par l'EPFL, les universités de Lausanne et de Genève ainsi que les autorités politiques suisses : le futur « Cern » du cerveau, à l'image du grand centre de recherche consacré à la physique des particules, à la frontière franco-suisse. Il faut en effet imaginer un complexe de simulation faisant « mouliner » jour et nuit un supercalculateur effectuant 10^{18} opérations à la seconde, avec l'ambition de faire « vivre » un cerveau virtuel ! Nourri par toutes les données disponibles de la neurophysiologie, mais aussi de l'imagerie médicale de pointe, cet encéphale – lorsqu'il sera achevé – réagira (presque) comme un vrai.

Imaginons le chercheur dans la salle des commandes telle qu'elle se présentera en 2016 lorsque Neuropolis sera opérationnel : il siégera face à des écrans géants projetant des images cérébrales exceptionnelles. D'un mouvement de joystick (manette), il naviguera dans le tissu virtuel, se promènera entre les neurones, zoomera sur une connexion, pointera un canal ionique *(voir Repères p. 12)* ou une synpase pour y observer les échanges de neuromédiateurs. Selon les besoins de son étude, il enverra un influx électrique ici ou là et regardera le système nerveux réagir en temps réel. Dans un bureau attenant, une équipe de recherche s'apprêtera, quant à elle, à tester un « candidat médicament » modélisé en 3D sur un modèle de cerveau malade d'Alzheimer tandis qu'une autre équipe étudiera, par exemple, le câblage neuronal dans la schizophrénie. Venus du monde entier, des chercheurs disposeront de la plateforme de simulation pour éprouver leurs hypothèses, leurs molécules, leurs traceurs… Le rêve d'un cerveau *in silico (voir Repères)*, ouvert à tous, est en passe de devenir réalité.

L'idée de ce projet hors normes a germé sur le campus, à une centaine de mètres de là, au deuxième étage d'un bâtiment métallique aux modules rouge, orange et gris, dans le bureau de Patrick Aebischer, président de l'EPFL depuis 2000. Avant son arrivée, l'Ecole polytechnique n'avait jamais vu le museau d'une souris dans ses laboratoires. C'est ce neurobiologiste qui y a imposé la recherche et l'enseignement en sciences de la



Patrick Aebischer
Président de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, à l'origine du projet (photomontage).

ALAIN HERZOG/EPFL - OSMAN RATIB/UNIVERSITY OF GENÈVE, IN « LE CORPS ET SON IMAGE », EDITIONS FAVRE/EPFL/BLUE BRAIN PROJECT - BSIP - AFP

vie. « *En dix ans, nous avons embauché 55 professeurs de biologie parmi les meilleurs* », raconte fièrement l'homme fort de l'école. Ce qui, il ne s'en cache pas, « *a suscité énormément de débats* ». Cet entrepreneur, manager « à l'américaine » – il a travaillé pendant huit ans à l'université Brown aux Etats-Unis – voit grand. Bras croisés, ponctuant ses phrases d'expressions anglaises, il souhaite créer « *a big science* » pour la biologie. « *Comme les astronomes ont leur grand télescope, les physiciens leur accélérateur de particules, les biologistes doivent avoir leur plateforme de simulation du vivant.* » Le patron de l'EPFL se penche sur une table basse dont le plateau n'est autre qu'une photo aérienne du campus, et pointe du doigt un carré inoccupé : « *Ce sera ici, à Neuropolis.* »

Tout a commencé en 2001, lorsque Patrick Aebischer a rencontré Henry Markram, neurophysiologiste sud-africain, passé maître dans l'art du *patch-clamp* (la mesure des paramètres électrophysiologiques) des neurones. « *Henry a deux cerveaux*, rapporte Patrick Aebischer. *Celui de l'expérimentateur et celui de l'informaticien, persuadé que le futur des neurosciences passe par la simulation.* » Après avoir travaillé à l'Institut Weizmann, à Rehovot (Israël), et aux National Institutes of Health, à Bethesda (Etats-Unis), puis à l'Institut Max-Planck pour la recherche médicale à Heidelberg (Allemagne), Henry Markram est alors sur le point de signer un contrat en or au Massachusetts Institute of Technology (Etats-Unis). « *Je lui ai posé la question de savoir s'il préférait être un petit poisson dans une grande piscine ou un gros poisson dans une petite piscine* », se souvient Patrick Aebischer, l'œil malin. Et le tout nouveau patron de l'EPFL a attrapé Markram dans ses filets, lui donnant carte blanche et un gros budget. Celui-ci lance alors son projet Blue Brain, la simulation numérique du fonctionnement cérébral, l'EPFL lui apportant la pièce maîtresse sur un plateau : « *Nous avons acheté Blue Gene, puissant supercalculateur* », raconte Patrick Aebischer.

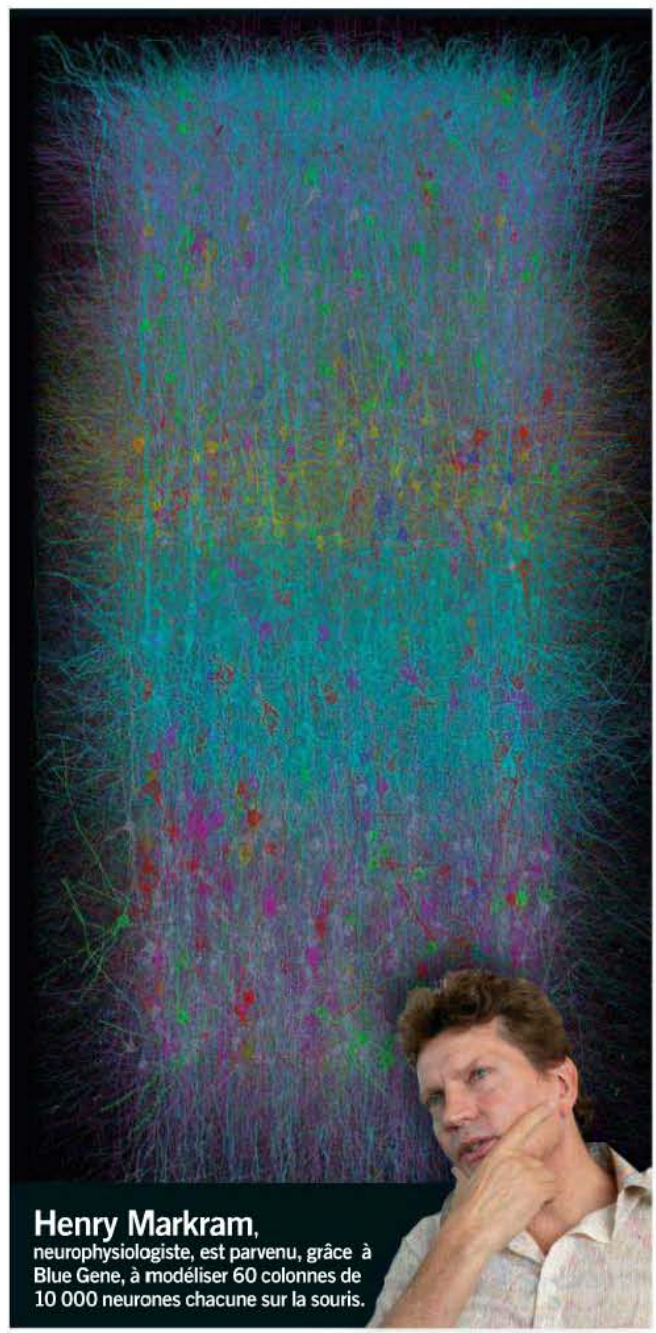
Installé en 2005, l'ordinateur fait depuis tourner ●●●

L'idée est d'agréger toutes les données disponibles afin de reconstituer un « vrai » cerveau

●●● l'ensemble du programme. En 2011, nouveau bond en avant. L'équipe s'associe à 120 autres laboratoires de 22 pays et devient le consortium Human Brain Project (HBP) *(lire* Sciences et Avenir *n° 768, février 2011)*. Le HBP décide alors de concourir dans un appel à projets du programme Future and Emerging Technologies Flagship Initiatives, lancé par l'Union européenne pour aider le projet scientifique le plus prometteur pour les dix ans à venir. Avec, à la clé, une subvention colossale d'un milliard d'euros ! Fin 2012, HBP figure parmi les six derniers projets en lice, le gagnant devant être désigné au cours de 2013.

Pour l'heure, la bourse n'étant pas encore empochée, le HBP est en attente. Mais Blue Brain tourne déjà. Pour rencontrer son créateur, il faut marcher dix minutes, sous la pluie, à travers le campus en chantier. On croise sur le chemin deux énormes grues qui réduisent à néant un building, celui-ci devant être remplacé d'ici à deux ans par le nouveau Centre de neuroprothèses. Viendront s'y installer le laboratoire du Français Grégoire Courtine, dont les équipes ont fait remarcher des souris paraplégiques *(lire* S. et A. *n° 785, juillet 2012)* ; celui de l'Espagnol José Milan, spécialiste des interfaces homme-machine ; ou encore celui de l'Allemand Olaf Blanke, qui travaille sur les illusions produites par le cerveau.

Le QG de Henry Markram apparaît enfin. Un cube blanc, percé d'un puits de lumière. Chemise claire à petits motifs, yeux bleus perçants, le chercheur est habité par son sujet. De sa voix monocorde, il raconte comment la compréhension du cerveau l'a toujours obsédé : *« Mon désir est de partir du cerveau entier puis de descendre jusqu'au niveau des neurones, à celui des cellules uniques, puis des canaux ioniques, des protéines et des gènes. »* Pour cela, une seule méthode : l'agrégation de toutes les connaissances disponibles dans un seul et même modèle. *« 60 000 articles de neurosciences sont publiés chaque année*, note-t-il. *Il y a trop d'informations pour qu'elles puissent être digérées. La seule façon de progresser est d'intégrer systématiquement toutes ces données sous forme numérique pour créer un modèle le plus complet possible. Cela aidera aussi les chercheurs à repérer les manques et les contradictions dans leurs connaissances et identifier les expérimentations nécessaires pour les combler. »* Intégrer la complexité, telle est l'idée maîtresse du projet. En 2008, le calculateur Blue Gene a fait ainsi « tourner » la première colonne corticale *(voir Repères)* de souris, un réseau vertical de 10 000 neurones. Cette année, 60 colonnes corticales interconnectées ont été modélisées grâce à la version la plus avancée du supercalculateur, d'une puissance de 54 téraflops (54 x 10^{12} opérations/s). Il s'agit maintenant de construire 10 000 autres colonnes jusqu'à simuler un cerveau de souris entier, et ses 100 millions de neurones. Ce qui demandera une puissance de calcul de un pétaflop (10^{15}), à l'horizon 2014. Puis, l'équipe s'attellera à l'ultime tâche. Faire de même avec le cerveau humain, vers 2023, ce qui exigera un exaflop (10^{18}).

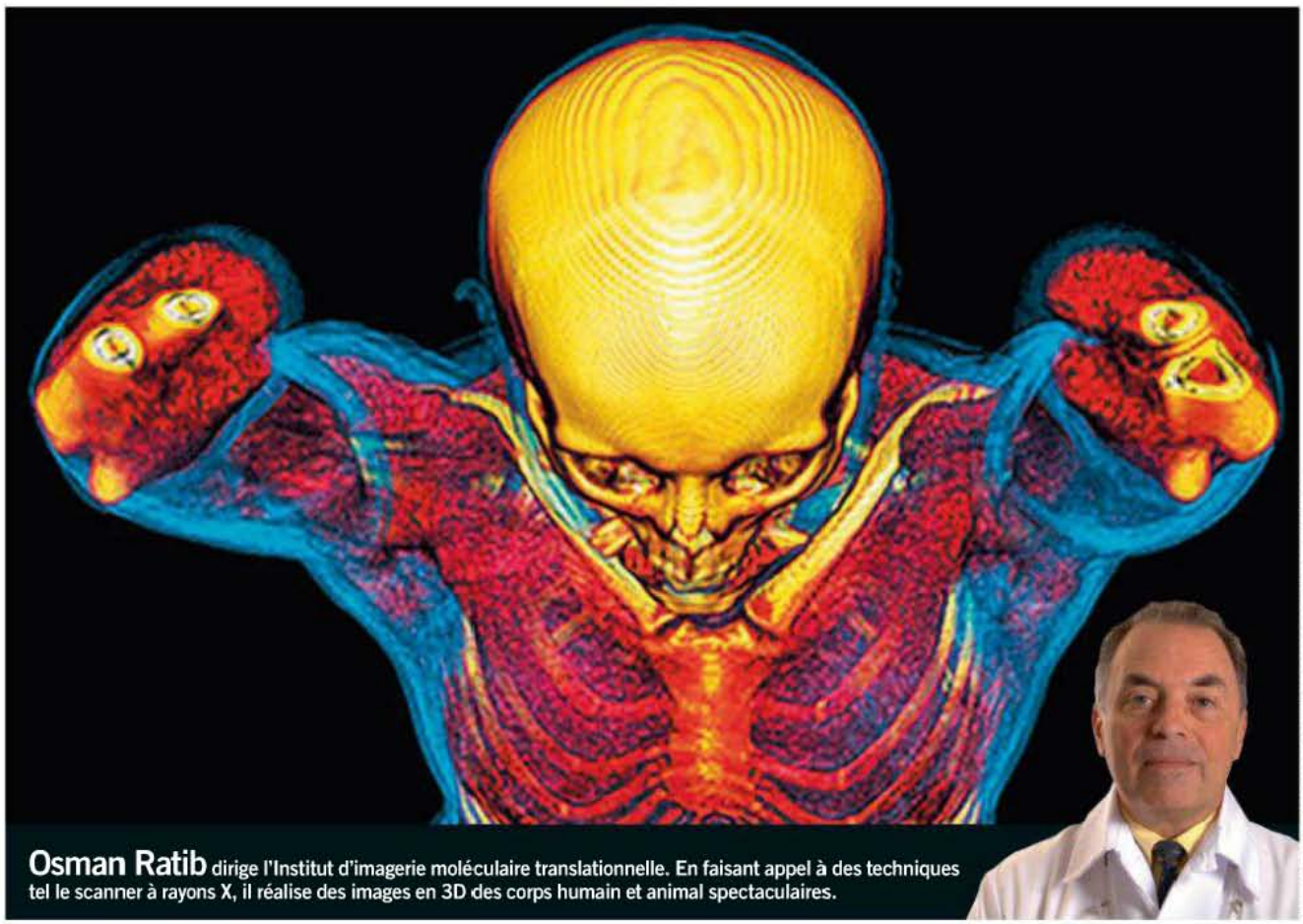


Henry Markram, neurophysiologiste, est parvenu, grâce à Blue Gene, à modéliser 60 colonnes de 10 000 neurones chacune sur la souris.

ALAIN HERZOG/EPFL - EPFL

Pour comprendre concrètement comment ça marche, il faut pousser la porte de la « salle des machines », le laboratoire. Ici, une quinzaine de jeunes chercheurs de 12 pays sont à l'œuvre. Le Danois Jesper Ryge place un échantillon de cerveau de souris sous un étrange microscope, encerclé par une couronne de seringues, le fameux *patch-clamp*, cher à Henry Markram. *« On stimule l'échantillon avec une électrode*, explique-t-il, *puis on enregistre les réponses électriques de chaque neurone. »* A côté, sur un écran, on peut voir les neurones « répondre » à la stimulation électrique par des tracés rouges réguliers qui s'affichent en temps réel. Une fois des milliers d'enregistrement réalisés, les chercheurs sont en mesure de passer à la modélisation. Là, les biologistes cèdent la place aux physiciens et aux mathématiciens. *« Nous simulons la biophysique des cellules nerveuses*, expose l'Allemand Felix Schürmann, physicien, auparavant à l'université de Heidelberg, et désormais bras droit de Henry Markram. *Cela signifie que nous décrivons la physique des propriétés électriques des neurones, comme la propagation des courants et du voltage à travers l'arbre dendritique* (voir Repères) *des neurones, avec différentes équations. Les paramètres de ces équations ayant été extraits de données expérimentales décrites dans de multiples publications. »*

Tandis que l'activité intime du neurone est simulée artificiellement, d'autres chercheurs reproduisent sa morphologie. Il existe, en effet, quelque 200 types différents de neurones



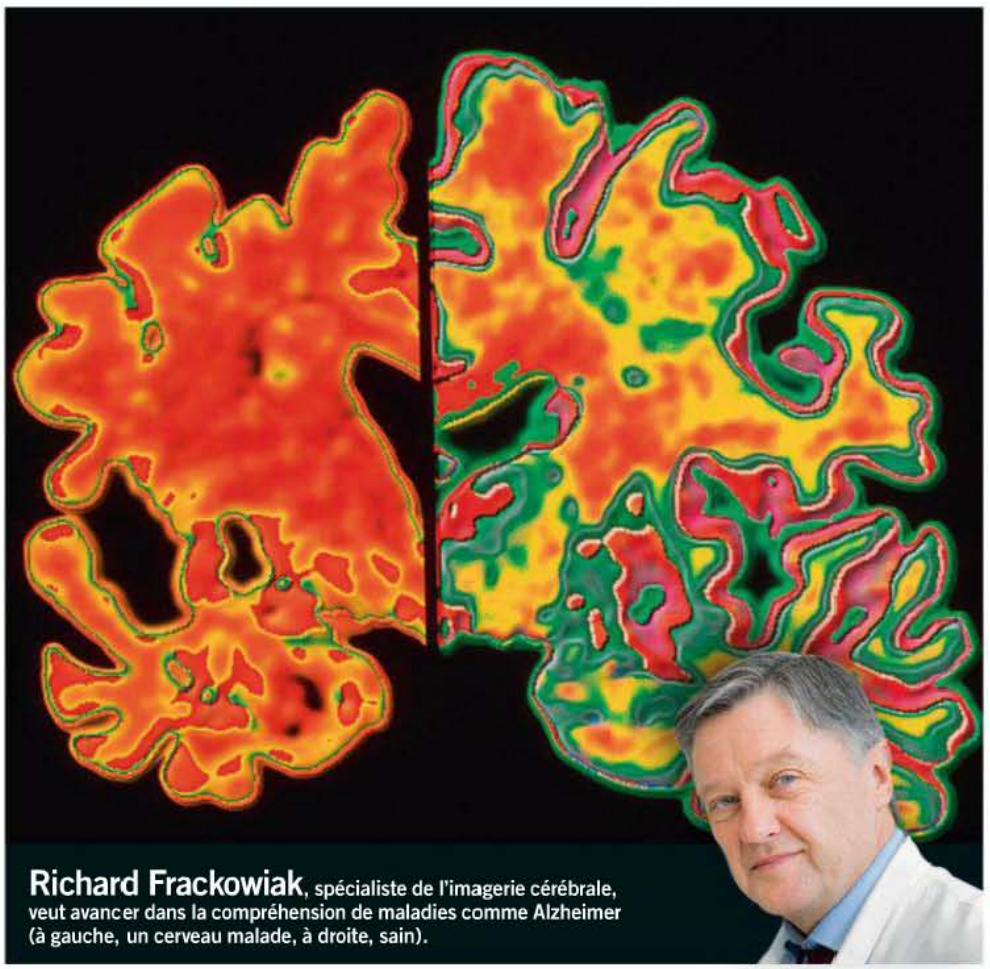
Osman Ratib dirige l'Institut d'imagerie moléculaire translationnelle. En faisant appel à des techniques tel le scanner à rayons X, il réalise des images en 3D des corps humain et animal spectaculaires.

LINIGE - OSMAN RATIB / UNIVERSITY OF GENEVE - LE CORPS ET SON IMAGE - EDITIONS FAVRE

dans le cortex. C'est ainsi, en agrégeant les données issues de près de 20 000 expérimentations sur vingt ans, que l'équipe a réussi à reconstituer en 3D la cartographie précise d'une petite portion de cortex de souris avec ses caractéristiques physiologiques, géométriques et ses connexions. *« Il faudrait des décennies, voire un siècle, pour cartographier un cerveau entier avec les connexions précises. Il y a en effet 3000 routes différentes possibles pour chaque neurone. On ne peut les explorer toutes ! »* reconnaît Henry Markram qui, heureusement, a trouvé le moyen d'accélérer son travail de bénédictin grâce à une découverte publiée dans les *Pnas* en août. L'équipe a tenté une expérience en positionnant 298 neurones virtuels de différents types selon la disposition et la répartition observées dans un échantillon de cortex vivant. Puis elle a « lancé la machine » et laissé les neurones se connecter comme bon leur semblait ! Résultat ? En comparant l'organisation virtuelle obtenue et le circuit cortical réel de la souris, les chercheurs ont observé une chose extraordinaire : de 75 % à 95 % des points de connexions étaient similaires. *« Ça a été un choc,* assure Henry Markram. *Cela signifie que l'on peut prédire les schémas de connexions synaptiques* [le connectome, voir Repères] *à partir du moment où la composition et la répartition des neurones du cortex sont connues. »*

Venus du monde entier, les chercheurs disposeront du simulateur pour éprouver leurs hypothèses

Mais pour construire le futur modèle de cerveau, il n'y a pas que les observations tirées du patch-clamp qui comptent. En cela, une autre branche de Neuropolis va être d'une grande aide. Pour la découvrir, il faut se rendre cette fois aux hôpitaux universitaires de Genève, à trois quarts d'heure de train du campus. Là aussi les grues s'activent. Un nouveau bâtiment, le Bat Lab, va bientôt sortir de terre, au sixième étage duquel s'installera le nouvel Institut d'imagerie moléculaire translationnelle. Cette unité, placée sous l'égide du professeur Osman Ratib, spécialiste d'imagerie moléculaire, sera un satellite de Neuropolis. Objectif ? *« Nous développons des nouveaux outils diagnostiques mais aussi thérapeutiques pour voir les molécules agir dans le cerveau animal,* explique Osman Ratib. *Nous cherchons par exemple des biomarqueurs spécifiques à certaines sous-catégories de tumeurs cérébrales pour mettre au point des thérapies personnalisées et prédire la réponse au traitement. »* Tous ces résultats sont déjà – et seront encore davantage – injectés dans le cerveau virtuel du campus de Lausanne. Dans le cadre de Neuropolis, l'équipe d'Osman Ratib va d'ailleurs se focaliser sur la modélisation d'un cerveau vieillissant et sur les effets des maladies neurodégénératives. Ici aussi, on mise sur la bourse européenne du HBP. *« Etre désigné comme un projet* flagship [navire amiral] *nous permettrait d'aimanter d'autres laboratoires du monde entier car le plus difficile dans la recherche est de maintenir le feu constant des idées »*, note Osman Ratib. Un autre ●●●



Richard Frackowiak, spécialiste de l'imagerie cérébrale, veut avancer dans la compréhension de maladies comme Alzheimer (à gauche, un cerveau malade, à droite, sain).

ERIC DERCZE / CEMC AV LAUSANNE - SPL / CCSMPS

REPÈRES

CANAL IONIQUE : protéine transmembranaire qui permet le mouvement des ions, créant des courants électriques.

NEUROMÉDIATEUR : molécules chimiques libérées par les neurones et agissant au niveau des synapses.

IN SILICO : effectué avec l'outil informatique. La bio-informatique correspond à l'approche *in silico* de la biologie traditionnelle.

COLONNE CORTICALE : groupe de 10 000 neurones environ situés dans le cortex cérébral qui forme une unité fonctionnelle. Il en existe environ 100 000 dans le cerveau humain.

ARBRE DENDRITIQUE : les dendrites (fibres réceptrices des neurones) peuvent former une arborescence très dense.

CONNECTOME : carte complète des connexions dans le cerveau.

●●● médecin-chercheur britannique attend beaucoup de Neuropolis. C'est le professeur Richard Frackowiak, spécialiste de l'imagerie clinique au Centre hospitalier universitaire vaudois de Lausanne, autre satellite du projet. Lui, travaille sur le cerveau humain malade. Il est sûr que la méthode de neuro-sciences intégrée « à la Markram » est la solution pour avancer dans la compréhension de maladies comme Alzheimer. *« Pour l'instant, on est dans l'impasse car on se focalise sur des petites parties du problème comme les plaques amyloïdes. Grâce au modèle global, nous allons prendre la maladie dans son ensemble. Il en émergera une véritable théorie du cerveau sain mais aussi du cerveau malade. »*

Même si cette approche n'est pas partagée par toute la communauté scientifique, des voix s'élevant en Suisse comme ailleurs contre cette démarche jugée « trop complexe ». De fait, dans un article paru dans *Nature* en février, le HBP a suscité la polémique. Rodney Douglas codirecteur de l'Institut de neuro-informatique de Zurich (Suisse), y exprime son inquiétude : *« Nous avons besoin de variance en neurosciences, nous avons besoin de personnes qui expriment des idées différentes, une diversité qui peut être menacée si autant d'argent est consacré à un seul projet. »* Sollicité par courriel, Rodney Douglas n'a cependant pas souhaité répondre à nos questions, préférant jouer l'apaisement. *« Clairement, je ne suis pas d'accord avec Henry sur certains problèmes. Néanmoins, il demeure mon collègue et il est regrettable que nos désaccords scientifiques soient polarisés dans la presse. »* Il n'empêche : certains scientifiques pensent effectivement que le modèle Blue Brain, trop fourni et détaillé, ne sera pas forcément plus facile à comprendre qu'un cerveau réel. La question qui se pose : que va nous montrer un modèle complexe ? Ou encore, la modélisation du vivant est-elle là pour prédire – comme Blue Brain – ou pour faire comprendre des phénomènes ? Car, s'il s'agit de comprendre, ne vaut-il pas mieux avoir un système simplifié avec un minimum de données à faire varier ? *« Aujourd'hui, nous possédons les mathématiques qui correspondent à cette complexité, il faut cesser d'en avoir peur »*, rétorque Richard Frackowiak. Patrick Aebischer, lui, estime que les débats sont sains. *« La "grande science" a toujours évolué à travers de grands débats, comme pour le séquençage du génome qu'on estimait impensable. »* Quant à Henry Markram, il joue la conciliation, affirmant que *« notre plateforme sera ouverte à toutes les propositions »*. Pour l'heure, tous les acteurs de Neuropolis retiennent leur souffle, jusqu'à l'attribution du milliard d'euros. En cas d'échec ? Blue Brain est financé par la Suisse pour encore au moins cinq ans.

Tour à tour jugé innovant ou trop complexe, le projet Neuropolis fait débat

Elena Sender, envoyée spéciale en Suisse

Samsung
GALAXY Note II

Be creative*

Avec Air View, pré-visualisez le contenu de vos albums photos, e-mails, vidéos, agendas en passant simplement le S Pen au-dessus de l'écran. Un moyen pratique de trouver tout ce que vous cherchez instantanément.

Samsung Galaxy Note II, votre nouvelle source d'inspiration.

Écran 5.5" HD SUPER AMOLED | ***Processeur Quad Core 1,6 GHz*** | ***S Pen intégré***

SAMSUNG

*Nouvelle source d'inspiration.

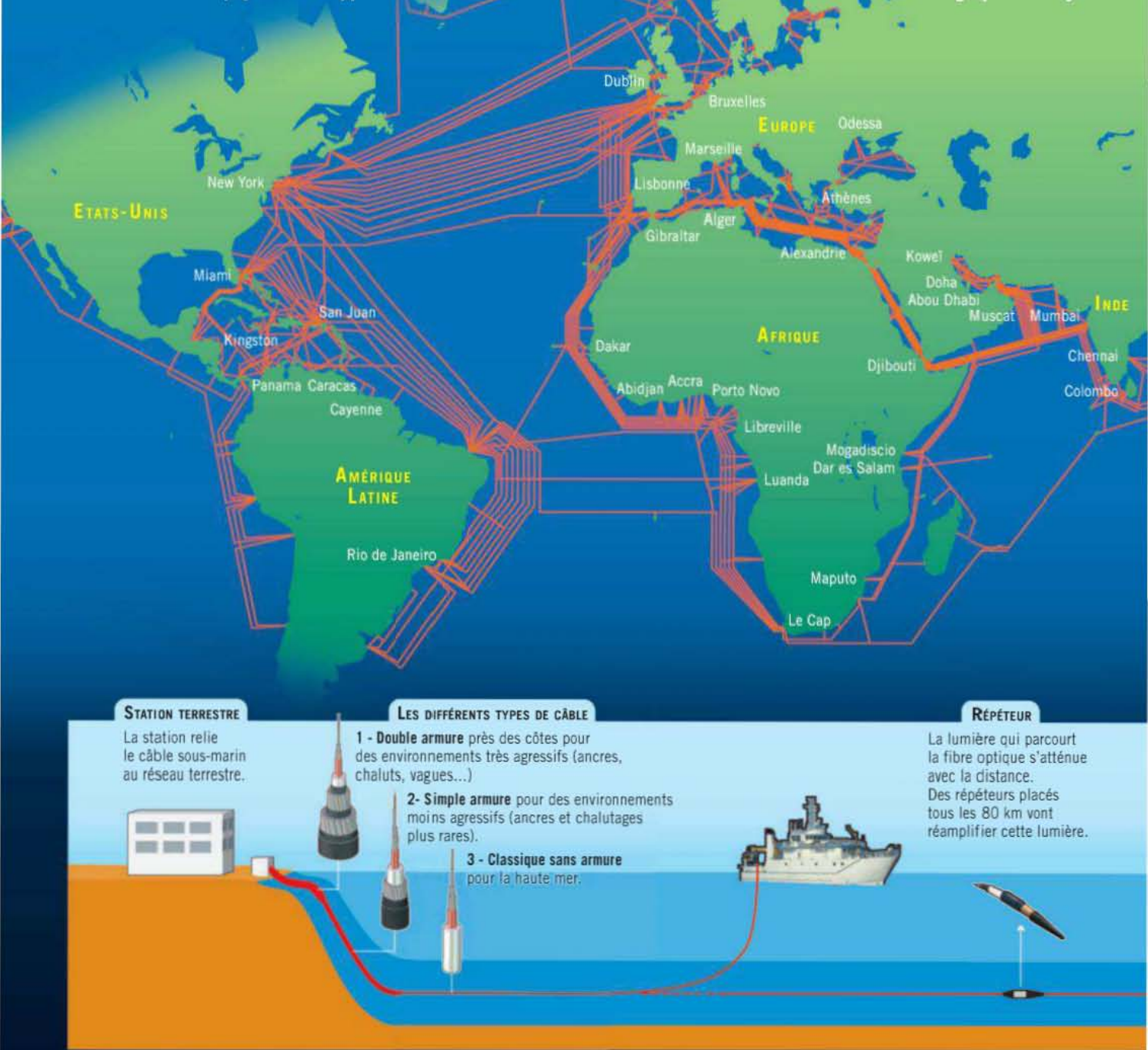
DAS = 0,369 W/kg. Le DAS (débit d'absorption spécifique des téléphones mobiles) quantifie le niveau d'exposition maximal de l'utilisateur aux ondes électromagnétiques, pour une utilisation à l'oreille. La réglementation française impose que le DAS ne dépasse pas 2 W/kg.

© 2012 Samsung Electronics France, 270 avenue du Président Wilson, 93458 La Plaine Saint Denis Cedex. RCS Bobigny 334 367 497. SAS au capital de 27 000 000 €. Images d'écran simulées. Visuels non contractuels. Images d'écran simulées illustrant la prévisualisation des photos d'un album.

Comment Internet relie-t-il les 5

95 % du trafic international sur Internet transitent par des câbles sous-marins. Ces centaines de milliers de kilomètres de « tuyaux » constitués de fibres optiques transportent l'information à la vitesse de la lumière : conversations téléphoniques, courriels, consultations de pages Web, messages sur Facebook, jeux en réseau, etc. Et ce réseau ne cesse de s'étendre, notamment en raison de la croissance d'Internet dans les pays en développement. Ces câbles représentent donc un enjeu stratégique de premier plan, à tel point que leur tracé précis est top secret. En effet, une rupture sur la ligne et c'est toute une région qui risque de voir ses communications coupées ! Les fabricants ont d'ailleurs conçu des câbles capables de résister aux vagues, aux chaluts des bateaux de pêche et aux ancres des plus gros navires. Et si cela ne suffit pas, ils les enfouissent ! Olivier Hertel

Infographie : Betty Lafon



Station terrestre

La station relie le câble sous-marin au réseau terrestre.

Les différents types de câble

1 - Double armure près des côtes pour des environnements très agressifs (ancres, chaluts, vagues...)

2- Simple armure pour des environnements moins agressifs (ancres et chalutages plus rares).

3 - Classique sans armure pour la haute mer.

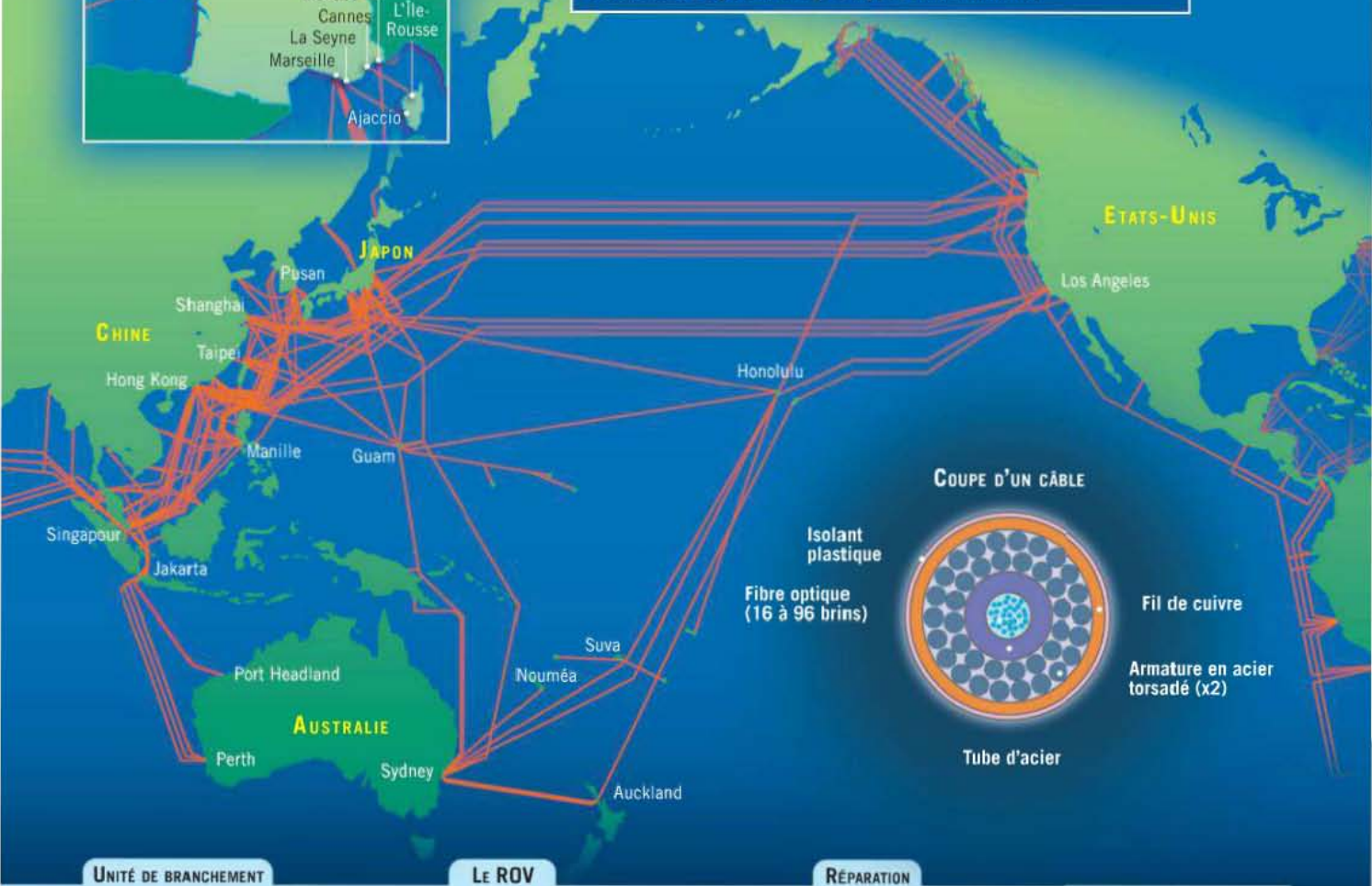
Répéteur

La lumière qui parcourt la fibre optique s'atténue avec la distance. Des répéteurs placés tous les 80 km vont réamplifier cette lumière.

continents sous les mers ?

LES CÂBLES EN CHIFFRES

DÉBIT = 1 à 5 térabits/s, soit 6000 fois plus que la fibre optique domestique
PROFONDEUR : jusqu'à -8000 mètres
VITESSE DE POSE : 250 km/jour en haute mer
LE CÂBLE LE PLUS LONG : 39 000 km (Allemagne-Corée du Sud)
DURÉE DE VIE : garantis vingt-cinq ans sans défaillance



COUPE D'UN CÂBLE

UNITÉ DE BRANCHEMENT

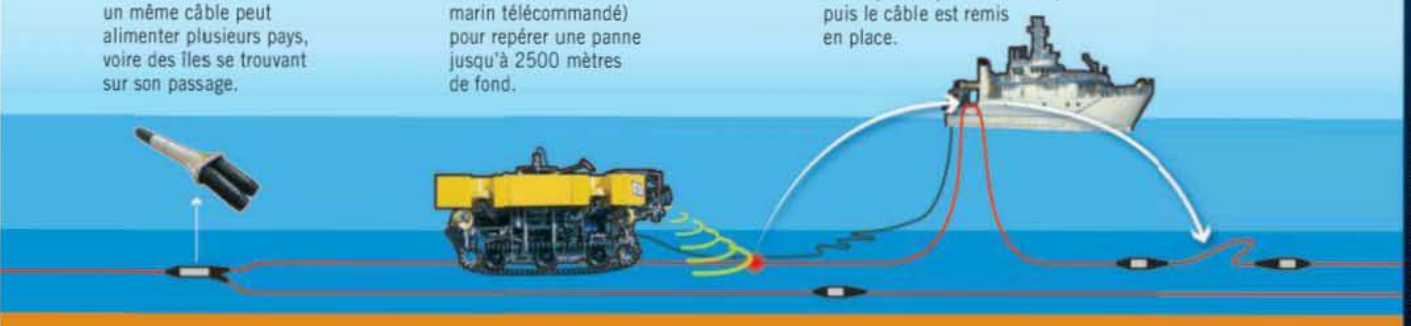
Elle permet de faire des dérivations le long du tracé du câble. Ainsi, un même câble peut alimenter plusieurs pays, voire des îles se trouvant sur son passage.

LE ROV

Le bateau géolocalise le problème et envoie un ROV (véhicule sous-marin télécommandé) pour repérer une panne jusqu'à 2500 mètres de fond.

RÉPARATION

Le câble est remonté à bord, la partie défectueuse est coupée et remplacée par un raccord, puis le câble est remis en place.



SOURCES : TELEGEOGRAPHY - ALCATEL LUCENT

Un avion de la Nasa survole la mer de Bellingshausen, le 17 septembre, où la banquise n'a jamais été aussi importante depuis trente ans.

MICHAEL STUDINGER/NASA

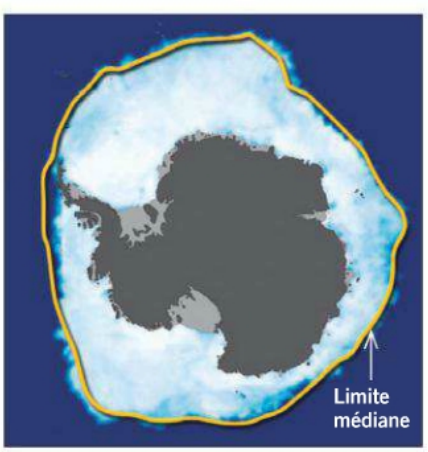
GLACIOLOGIE

Hausse record de la banquise antarctique

Alors que l'étendue de la banquise arctique n'a jamais été aussi faible, celle de l'Antarctique est au plus haut. Plusieurs hypothèses expliqueraient ce paradoxe.

Les deux pôles de la planète affichent cette année deux records contradictoires : alors que la banquise arctique atteignait le 16 septembre sa surface estivale la plus basse jamais enregistrée depuis trente ans (3,4 millions de km²), de l'autre côté du globe, à la même période, l'Antarctique connaissait un record d'étendue de sa banquise hivernale. Les données satellitaires indiquaient autour du continent Antarctique une étendue de glace de 19,44 millions de km². La plus grande surface jamais atteinte depuis les années 1970 ! Elle croît d'hiver en hiver.

Un constat paradoxal en ces temps de réchauffement climatique ? *« La banquise antarctique ne sort pas des clous*, nuance Jean-Claude Gascard, océanographe à l'université Pierre-et-Marie-Curie, à Paris. *Mais en revanche, plus étonnant, la banquise arctique se comporte de plus en plus comme celle de l'Antarctique. »* En clair, si elles sont très étendues l'hiver, elles disparaissent presque totalement l'été, ne laissant derrière elles que quelques milliers de kilomètres carrés dispersés dans des baies.



NASA EARTH OBSERVATORY

Image satellite de la banquise entourant le continent Antarctique le 26 septembre.

Pourtant, leur situation est très différente. En Antarctique, elle est périphérique d'un continent, s'étendant entre 60 et 70° de latitude sud *(lire p. 34)*. En Arctique, installée directement sur l'océan, elle occupe un espace entre 90° et 80° de latitude nord : une localisation plus boréale qui la soumet moins au rayonnement solaire. De plus, la banquise arctique se trouve dans un océan quasi fermé, qui la protège des influences d'autres océans. Ce qui explique la persistance d'une banquise estivale. Mais cet isolement est de plus en plus relatif en raison de l'influence des diverses pollutions de l'hémisphère Nord. En Antarctique, la banquise est, de plus, exposée aux influences des océans environnants (Pacifique, Atlantique, Indien). L'été, la glace ne survit pas à ce régime. Mais l'hiver, le pôle du froid de l'Antarctique – notamment en raison du trou dans la couche d'ozone qui le surplombe et le prive d'effet de serre – englace l'océan, bien plus largement qu'en Arctique.

Les deux banquises se rejoignent sur un autre point : la disparition des glaces pluriannuelles. Une banquise qui survit l'été voit son épaisseur augmenter l'hiver suivant et est ainsi plus résistante au dégel. Cependant, ces dernières années, l'accélération de la fonte a eu raison de ces vieilles glaces. L'épaisseur de la banquise arctique diminue dès les beaux jours ; en Antarctique, les glaces pluriannuelles n'existent quasiment pas.

Sylvie Rouat

ASTROPHYSIQUE

Un filament de matière noire cartographié

Pour la première fois, un filament cosmique de matière noire a été visualisé en trois dimensions. Une avancée qui permet aux chercheurs d'estimer que l'ensemble de ces filaments pourrait constituer plus de la moitié de la masse totale de l'Univers.

NASA, ESA, HARALD EBELING, J.-P. KNEIB

Sur cette image d'Hubble, un filament a pu être détecté près de l'amas de galaxies MACSJ0717.

Selon les modèles théoriques actuels, notre univers ressemblerait à une sorte d'immense toile d'araignée, tous azimuts, dont les fils de matière sombre regrouperaient les amas de galaxies à leurs intersections. L'un de ces filaments, qui a été étudié à l'aide du télescope spatial Hubble et de plusieurs instruments au sol, semble nourrir l'un des amas de galaxies les plus massifs de l'Univers (MACSJ0717).

La puissance gravitationnelle de cet amas agit comme une lentille, qui permet de déceler des masses, lumineuses ou non, situées derrière lui. C'est ainsi que l'équipe internationale d'astronomes dirigée par Mathilde Jauzac, du LAM (Laboratoire d'astrophysique de Marseille), a pu détecter la présence de matière noire concentrée autour de l'amas – matière qui s'étend également dans un filament partant derrière lui et courant ensuite sur plus de 60 millions d'années-lumière.

En y regardant de plus près, les astronomes ont pu y localiser des milliers de galaxies. En combinant les positions et les vitesses de tous ces objets célestes, ils ont reconstitué la forme du filament et estimé son énorme masse. **S. R.**

GÉOPHYSIQUE

Séisme chez les sismologues italiens

Le 22 octobre, le tribunal de L'Aquila, en Italie, a condamné à six ans de prison sept scientifiques italiens pour homicide par imprudence lors du séisme qui a ravagé cette ville des Abruzzes le 6 avril 2009. Un verdict qui a déchaîné une tornade de réactions passionnées : comment peut-on condamner les scientifiques pour ne pas avoir prédit la survenue d'un séisme, sachant que dans l'état actuel de nos connaissances, la prédiction est impossible ? Les géophysiciens distinguent en effet la prévision (la probabilité de survenue d'un séisme à long terme) de la prédiction (qui annoncerait qu'un événement va se produire dans un lieu et à un moment précis). En réalité, la lecture attentive de l'acte d'accusation indique que ce n'est pas la non-prédiction du séisme qui a été sanctionnée, mais la propension des scientifiques à relayer le discours de la Protection civile, qui voulait rassurer les habitants pour éviter les moments de panique. C'est toute l'ambiguïté de la commission Grands Risques chargée d'évaluer, en Italie, les dangers des séismes, et à laquelle appartenaient les chercheurs condamnés. Cette commission rassemblait des scientifiques chargés de donner une appréciation des risques et la Protection civile, en charge de la gestion de crise. Cependant, seuls les scientifiques ont été condamnés, parce que considérés comme experts et donc responsables. Une décision jugée d'une très grande sévérité par les géophysiciens.

Aujourd'hui, la seule manière de préserver les populations est de se conformer aux normes antisismiques strictes imposées par la loi sur les constructions. Or, la mise aux normes des centres historiques est très coûteuse, et l'interdiction d'y habiter, une mesure impopulaire, n'a pas été mise en œuvre à L'Aquila. Le physicien Luciano Maiani, président démissionnaire de la commission Grands Risques, a estimé dans la revue *Nature* que les scientifiques de ce comité devraient bénéficier d'une protection légale. Le procès en appel est prévu dans les prochaines semaines. **A. Kh.**

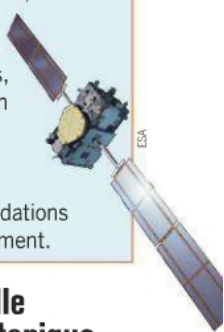
C. LATTANZIO/EPA/MAXPPP

Le tribunal de L'Aquila condamne six scientifiques le 22 octobre.

EN HAUSSE

Galileo

Le futur système de géolocalisation et de navigation européen va peut-être enfin voir le jour, après des années de valse-hésitation. Deux nouveaux satellites ont été lancés le 15 octobre de la base de Kourou, en Guyane. Ils vont rejoindre, à 23 200 km d'altitude, les deux premiers, lancés il y a un an, ce qui permettra de réaliser les premières validations du positionnement.



ESA

Une nouvelle plaque tectonique

La plaque indo-australienne est en train de se déchirer, pour former deux plaques distinctes. C'est la conséquence du séisme de Sumatra du 11 avril 2011 et de sa réplique. Fait très rare, l'épicentre de ces deux séismes était situé au beau milieu d'une plaque, témoignant de la cassure. Les chercheurs à l'origine de ces conclusions estiment que cette naissance donnera lieu à d'autres événements sismiques au cours des prochaines décennies.

A la source de l'eau lunaire

Une part de l'eau recensée sur la Lune proviendrait des vents solaires. D'après un nouveau modèle, le Soleil sèmerait des atomes d'hydrogène, qui, disséminés sur la surface de la Lune, peuvent se transformer en une molécule d'eau (H_2O) ou une molécule proche, l'hydroxyle (HO). Jusque-là, les hypothèses sur l'origine de l'eau lunaire mettaient surtout l'accent sur les comètes.

www.sciencesetavenir.fr

Le chiffre

▶ 149 597 870 700 MÈTRES

C'est désormais la valeur officielle de l'unité astronomique, fixée lors de la dernière Assemblée générale de l'Union astronomique internationale (UAI) à Pékin. Cette unité, très utilisée pour des mesures dans l'Univers, correspond à la distance entre la Terre et le Soleil. Selon les équipes de recherche et le type de mesure choisi, sa valeur était souvent différente. C'est ce qui a poussé les astronomes à l'uniformiser une fois pour toutes.

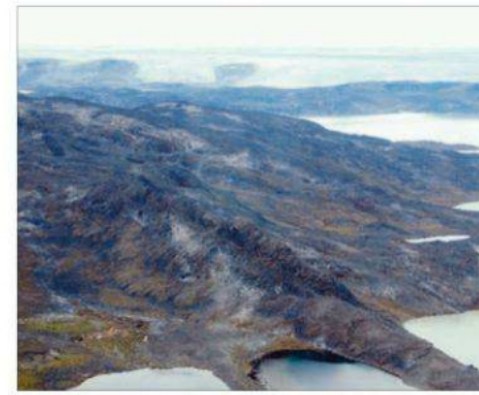
« L'orbite de la Terre est légèrement excentrique,* explique André Brahic, astrophysicien au CEA. *On a donc choisi une valeur moyenne, déterminée depuis le centre de gravité de la Terre jusqu'à celui du soleil. »

www.sciencesetavenir.fr

GÉOLOGIE

L'apparition de la croûte terrestre a été datée

A quel moment la Terre, née il y a 4,58 milliards d'années, s'est-elle différenciée, c'est-à-dire que son manteau et sa croûte ont commencé à se former ? Probablement très précocement, vers 4,47 milliards d'années, affirment les chercheurs du Laboratoire magmas et volcans de Clermont-Ferrand. Leur conclusion repose sur les résultats de l'analyse de roches provenant d'Isua, au Groenland, vieilles de 3,4 milliards d'années et témoignant des premiers âges de la Terre. Ils y ont recherché la trace d'un élément particulier, le néodyme 142. Celui-ci est produit par la dégradation, complète au bout de 300 millions d'années, d'un élément radioactif, le samarium 146 présent lors de la formation de la Terre et entièrement disparu depuis. Le néodyme est un marqueur temporel, mais aussi physique car il s'accumule préférentiellement dans les liquides, alors que le samarium dont il est issu préférait les solides. Aujourd'hui, on retrouve le néodyme en proportion égale dans presque toutes les roches de la croûte terrestre. Cependant, en 2003, un excès de néodyme avait été détecté dans des roches du Groenland, ce qui laissait supposer qu'un manteau primitif solide, riche en samarium (plus tard transformé en néodyme), s'était formé en profondeur dans l'océan de magma qui recouvrait alors la jeune Terre. Le Groenland est un des très rares endroits sur Terre où les roches vestiges de ce manteau sont remontées à la surface. Pour conforter cette hypothèse, il restait cependant à trouver la croûte primitive, qui a dû se former par cristallisation d'une couche liquide à la surface de la Terre en même temps que ce manteau. Pour cela, il fallait détecter dans d'autres roches non plus un excès, mais un déficit en néodyme. C'est ce que les chercheurs de Clermont-Ferrand ont réussi à faire, grâce à des méthodes de dosage extrêmement précises. Et ce déficit n'est compatible qu'avec une différenciation terrestre précoce. **J.-F. H.**



HANIKA RIZO

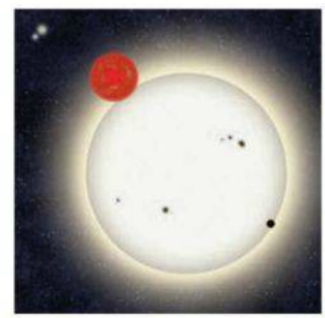
Isua, au Groenland, témoigne de l'enfance de la Terre.

ASTROPHYSIQUE

La planète aux quatre soleils

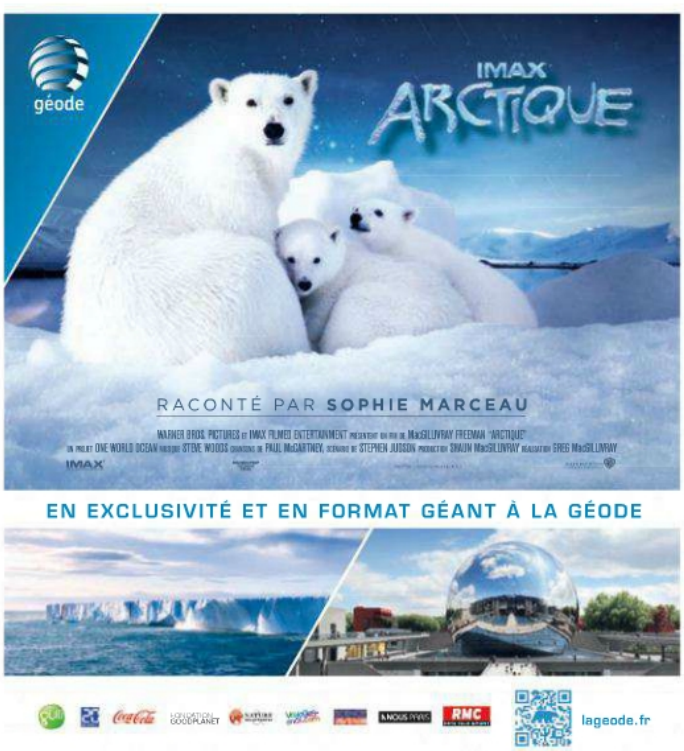
Une planète qui connaît quatre couchers de soleil ? Il y a quelques mois, aucun planétologue n'aurait parié sur cette éventualité. Car jusque-là, les théoriciens pensaient que les perturbations gravitationnelles des couples d'étoiles ne permettaient pas à des planètes d'avoir des orbites stables. Alors, quatre étoiles ! Et pourtant, une telle bizarrerie vient d'être découverte par le télescope spatial Kepler de la Nasa.

Connue sous le matricule PH1, cette planète est située à quelque 5000 années-lumière de la Terre. Au centre du système, il y a un couple d'étoiles de 0,41 et 1,5 fois la masse du Soleil qui tournent l'une autour de l'autre en vingt jours. Non loin de là – à environ la distance de Vénus par rapport au Soleil –, gravite une planète plus massive que Neptune, dont l'année fait 138 jours. Enfin, à environ un millier d'unités astronomiques valse une autre paire d'étoiles. Soit quatre soleils qui se lèvent et se couchent à tour de rôle pour les éventuels habitants de PH1. Dernièrement, le satellite Kepler a découvert quatre autres systèmes planétaires autour d'étoiles doubles, dont une dans la zone habitable. **S. R.**



HAVEN GIGUERE / YALE

Vue d'artiste de PH1 (en orange).



- ENVIRONNEMENT
- SOCIÉTÉ ET ÉCONOMIE
- VIE HUMAINE

AXA soutient la recherche sur les risques qui nous concernent tous.

© 2012 AGI - Crédit photo : Getty images

Fonds AXA pour la Recherche
Chercher pour protéger

Prévenir les risques, c'est aussi mieux les connaître. Avec le Fonds AXA pour la Recherche, AXA soutient plus de 300 équipes de chercheurs. Ce qui représente 92 millions d'euros alloués en 5 ans, en France et dans 25 autres pays.

Etude des risques liés au climat, au vieillissement ou aux réseaux sociaux...
Découvrez les projets soutenus sur **axafrance.fr/fonds-recherche**

réinventons / notre métier

Foudre en boule photographiée en Australie en 1978.

WERNER BURGER / FORTEAN PICTURE LIBRARY

MÉTÉO

La foudre se met en boule et en équation

Des Australiens proposent une théorie inédite pour la formation de la foudre en boule. En ligne de mire, l'espoir de la fabriquer en laboratoire.

Popularisées par l'album de Tintin *Les Sept Boules de cristal*, les boules de foudre sont un phénomène rarissime et mystérieux. Si quantité de théories ont été émises, jusqu'aux plus farfelues (fusion froide, réaction nucléaire naturelle, mini-trous noirs…), aucune n'est satisfaisante à 100 %. Comment expliquer les témoignages qui rapportent que la foudre en boule est apparue *ex nihilo* à l'intérieur d'une maison fermée ? Et comment expliquer les observations authentifiées dans le cockpit d'avions en vol ou dans des sous-marins ? Pour comprendre ce tempérament de passe murailles, John Lowke et son équipe, du CSIRO, l'agence nationale de la science australienne basée à Sydney, viennent de proposer un modèle inédit.

Selon leur théorie, tout débuterait par une atmosphère orageuse et l'accumulation d'un flux de particules électriquement chargées (ions) sur la face extérieure d'une vitre. Lorsque le flux est assez dense, il pourrait attirer de l'autre côté de la vitre, à l'instar d'un aimant, d'autres particules chargées. Celles-ci engendreraient en retour un champ électrique capable d'exciter les molécules de l'air intérieur. D'où leur rassemblement pour former une boule de plasma. Laquelle, sitôt constituée, se détacherait de la vitre pour flotter dans les airs, laissant croire à une apparition spontanée.

Si ce modèle est, selon John Lowke, le premier qui explique mathématiquement la naissance du phénomène, il n'en reste pas moins théorique et ne suffit peut-être pas pour expliquer toutes les apparitions de boules de foudre. *« Cela fait plus de quarante ans que je m'intéresse à ce phénomène*, dit le chercheur. *Mon premier article date de 1969 et, à l'époque, on se figurait que les boules de foudre pouvaient avoir une utilité militaire dans la guerre du Viêt Nam ! »* John Lowke espère maintenant que sa nouvelle théorie lui permettra de fabriquer une boule de foudre en laboratoire. Car pour l'heure, comme tous les scientifiques fascinés par ce phénomène météorologique, il ne l'a jamais observé lui-même… **Hervé Ratel**

Pour en savoir plus

Sciences et Avenir n°721, mars 2007, p. 21 et n° 661, mars 2002, p. 92.

REPÈRES

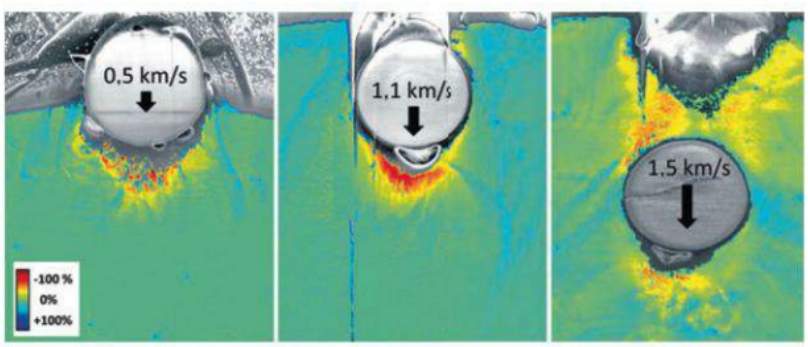
DANS LA MAJORITÉ DES CAS, une boule de foudre a l'apparence d'une balle d'une trentaine de centimètres de diamètre, très lumineuse. Sa couleur va du jaune à l'orange avec souvent des irisations bleutées. Elle apparaît essentiellement après un orage, mais certains témoignages font état de boules de foudre surgissant par temps clair ou lors d'un tremblement de terre. Ses lieux de prédilection sont clos : maisons, mais également avions et sous-marins, ce qui a pu faire croire lors de la Seconde Guerre mondiale, et dans chacun des camps, que l'ennemi avait développé une arme secrète…

MATÉRIAUX

Un gilet pare-balles à l'épreuve du microscope

Des scientifiques ont mis au point le premier système étalon pour étudier la résistance des matériaux aux impacts de balle. Sur les photos ci-dessous, prises au microscope électronique, on voit ainsi les dégâts occasionnés par trois projectiles propulsés respectivement à 1800, 3960 et 5400 km/h. En fausses couleurs, les compressions subies par le matériau : rouge pour les zones les plus comprimées, vert pour les zones inchangées, bleu pour les zones dilatées.

L'objectif des chercheurs américains à l'origine de ces images est de comprendre la résistance de nouveaux types de protections pare-balles formées de plusieurs polymères. Celui étudié ici est composé de couches alternées d'un matériau dur (le polystyrène) et d'un autre plus malléable (le polyméthylsiloxane) de 5 à 20 nanomètres chacune. La protection a stoppé les balles en à peine quelques micromètres. Dans le détail, on voit que des cavités se forment juste devant les projectiles. Leur apparition est due au fait que les balles décélèrent plus vite que le matériau qu'elles ont repoussé. Lorsque l'impact est fort, l'échauffement est tel que les deux polymères fondent et se mélangent localement, créant de petites zones de matériaux homogènes. A l'arrière, on observe une cicatrisation du matériau, due également à la fusion des polymères, qui peuvent ainsi se répandre dans les zones abîmées. **C. M.**



NATURE COMMUNICATION - JAE HWANG LEE / RICE

Impact de trois projectiles à diverses vitesses. dans un matériau pare-balles. La couleur rouge indique les zones du matériau les plus comprimées, le bleu les zones dilatées, le vert les zones inchangées.

PALÉOCLIMATOLOGIE

La datation au carbone 14, revue et corrigée

Des forages réalisés dans un lac japonais vont permettre d'améliorer enfin les datations au carbone 14 dont le calibrage restait jusqu'à présent très complexe. Etonnant ? Pas vraiment, si l'on se rappelle les principes de la datation au carbone 14. Les êtres vivants incorporent jusqu'à leur mort du carbone, par l'intermédiaire de la photosynthèse ou de la digestion. Une petite partie de celui-ci est radioactif : c'est le fameux carbone 14. Lorsque l'organisme meurt, il se désintègre peu à peu ; les quantités étant divisées par deux tous les 5730 ans. En mesurant la quantité de carbone 14 encore présente dans un organisme, on peut donc calculer son âge. Mais la quantité de carbone 14 présente dans l'atmosphère varie au cours des temps géologiques. Il faut donc « calibrer » les analyses, c'est-à-dire les corriger en fonction de ces aléas. Et c'est précisément sur ce point que les observations faites dans le lac Suigetsu deviennent précieuses : en analysant les concentrations de carbone 14 dans des sédiments, les chercheurs ont pu mesurer les concentrations en carbone 14 atmosphérique sur 52 800 ans ! Une sorte de dictionnaire en quelque sorte.

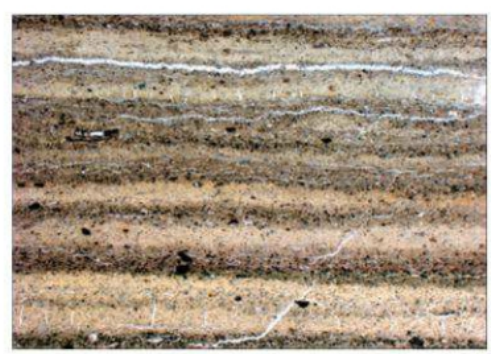


IMAGE COURTESY OF GORDON SCHLOLAUT

Les sédiments du lac Suigetsu (Japon) ont permis de mesurer les teneurs en carbone 14 sur 52 800 ans.

« Nous allons pouvoir mieux reconstituer les variations de la circulation océanique et les échanges entre les masses d'eau dans le passé, notamment par l'analyse des carottes de sédiments marins », commente Christine Hatté, chercheuse au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement à Gif-sur-Yvette. La balle est dans le camp des paléoclimatologues. Avant d'aller dans celui des archéologues. **C. M.**

Une feuille artificielle moins coûteuse

Le concept de « feuille artificielle », capable de casser une molécule d'eau sous l'effet du rayonnement solaire, prend forme : des chercheurs français ont conçu un nouveau catalyseur pour accélérer la production d'hydrogène et d'oxygène, à partir d'eau, sous l'effet d'un courant électrique. A base de cobalt, celui-ci est moins cher et plus facile à industrialiser que les matériaux avec des métaux nobles comme le platine. « *Pour la première fois, c'est un même catalyseur, sous deux formes différentes, qui réalise les deux réactions chimiques de production d'oxygène et d'hydrogène* », indique Vincent Artero, l'un des responsables de ces travaux.

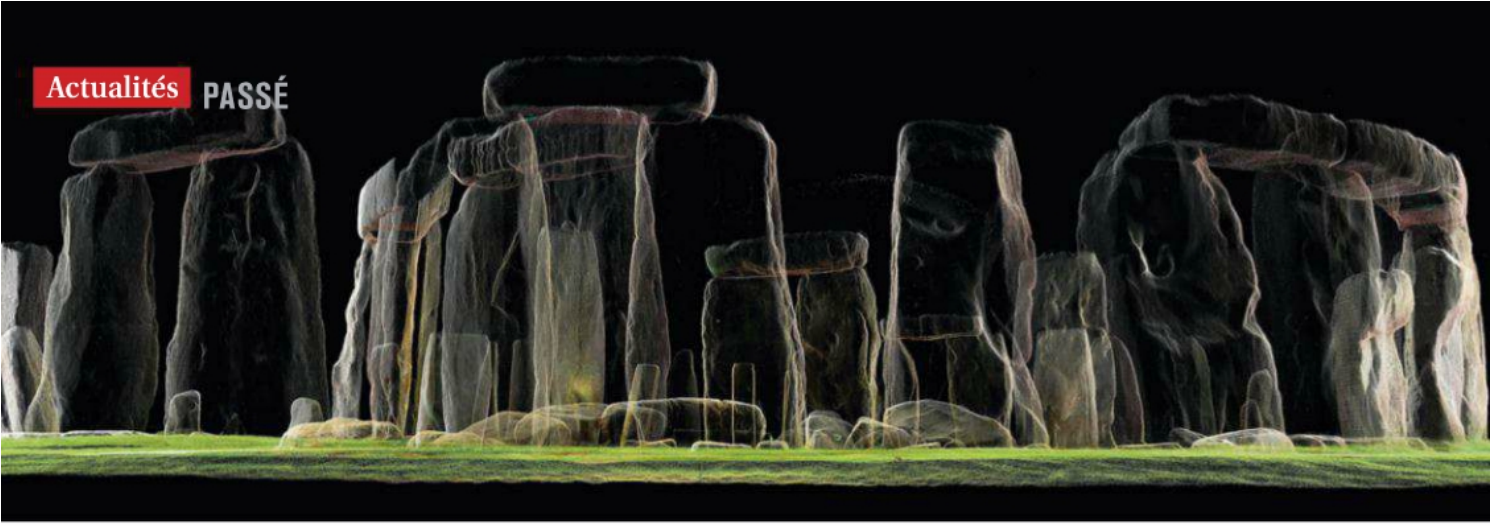
De l'or en couleurs

L'or n'est pas forcément doré. Des physiciens de l'université de Southampton, en Grande-Bretagne, sont capables de le rendre rouge, vert, ou de toute autre couleur. Leur secret : graver à la surface du métal de minuscules motifs réguliers, qui modifient la manière dont il réfléchit la lumière. En jouant sur la taille et la distance entre les motifs, la couleur change. Bientôt des bijoux en or multicolore ?

Doux pansement

Un pansement qui adhère fermement à la peau, mais se retire facilement… Des chercheurs américains ont enfin réussi à concilier l'inconciliable en ajoutant une couche intermédiaire entre l'adhésif et le revêtement. Lorsqu'on arrache le pansement, celui-ci entraîne la couche intermédiaire, mais pas l'adhésif. Ce dernier se retire ensuite facilement à condition d'être enroulé sur lui-même.

www.sciencesetavenir.fr



GREENHATCH GROUP OF ENGLISH HERITAGE

ARCHÉOLOGIE

Des gravures découvertes à Stonehenge

GREENHATCH GROUP/ENGLISH HERITAGE

Un laser à balayage a permis d'identifier 72 nouvelles gravures rupestres sur les célèbres mégalithes anglais. Elles pourraient aider à percer certains secrets du site préhistorique.

L'étude au scanner laser des pierres de Stonehenge (en haut) a permis de révéler des gravures représentant des haches (ci-dessus reconstitution 3D).

Aussi célèbre soit-il, le site préhistorique anglais de Stonehenge continue de dévoiler des secrets : des chercheurs viennent d'y découvrir 72 gravures rupestres inconnues jusque-là. Réalisées entre 1800 et 1500 avant notre ère durant l'âge du bronze, elles représentent toutes des haches, sauf une qui montre un poignard. *« Cette découverte porte à 116 l'ensemble des figures identifiées sur la totalité des blocs »*, précise Robert Ixer, un des chercheurs impliqués dans ces recherches réalisées pour le compte de l'English Heritage, l'organisme public en charge des monuments historiques en Angleterre. Les 44 glyphes déjà connus avaient été vus dans les années 1950.

Les nouvelles gravures ont été révélées par les travaux de numérisation des 83 pierres composant le monument, entrepris depuis avril 2012 par la société ArcHeritage, sous la direction de l'archéologue Marcus Abbott. Plus précisément, c'est l'utilisation d'un laser à balayage sur cinq des pierres géantes du grand anneau mégalithique qui a permis de les découvrir. C'est une confirmation du caractère exceptionnel de Stonehenge, les autres sites de la région étant en effet dépourvus de décorations. Selon les spécialistes, cette nouvelle « galerie d'art » serait la plus importante collection de gravures préhistoriques du sud de l'Angleterre.

Mais quelle signification accorder à ces figurations ? L'iconographie de l'âge du bronze est dominée par des agencements de symboles, dont le poignard est une figure récurrente. Dans ce sanctuaire probablement érigé pour mesurer le temps et observer les cycles solaires, de nombreux cultes devaient être rendus. Ces figures avaient-elles un lien avec un marquage du temps ? *« Les inscriptions dans la roche ont pu incarner symboliquement le pouvoir et la force dont se sentaient investis leurs porteurs »*, estime le protohistorien Marcel Otte, de l'université de Liège (Belgique).

Utilisé par les sociétés agraires pendant de longs siècles, Stonehenge recevait chaque 21 juin les premiers rayons du soleil au solstice d'été. Une mesure du temps importante pour connaître les périodes de semailles et de moissons.

Bernadette Arnaud

REPÈRE

MONUMENT GIGANTESQUE

au cœur d'un vaste site, Stonehenge a été bâti en trois phases. Entre 3100 et 2900 avant J.-C., une vaste enceinte de 100 m de diamètre entourée de fossés a d'abord été édifiée. Au cours de deux autres phases de construction, comprises entre 2900 et 1600 avant J.-C., un enclos en forme de fer à cheval fut érigé et, enfin, ce sont les grands « trilithes » qui ont été installés, transformant le site en instrument de mesure astronomique.

QUESTIONS A... FRANCESCO BANDARIN

Sous-directeur général pour la culture à l'Unesco, directeur du Centre du patrimoine mondial

SIPA

« Les manuscrits de Tombouctou sont en sécurité »

Après les destructions de sites classés au patrimoine mondial au nord du Mali, en juillet *(voir Sciences et Avenir n° 786, août 2012)*, un mausolée de saint du XIIIe siècle a été saccagé en Tunisie le 16 octobre, et trois nouveaux tombeaux classés ont été détruits près de Tombouctou le 19 octobre.

Qui se cache derrière toutes ces déprédations ? Volontaires, ciblées, elles sont l'œuvre de groupes fondamentalistes, qui utilisent des méthodes terroristes pour imposer leur vision de la religion. Ces actes sont tout simplement inacceptables, et ces expressions d'intolérance et de violence doivent être rejetées. L'Unesco condamne fermement ces gestes de vandalisme du patrimoine et de lieux de culte comme un crime contre la culture et la coexistence des communautés. Ces actions fanatiques doivent être poursuivies en tant qu'actes terroristes par les institutions nationales et internationales. D'ailleurs, elles ont été considérées en juillet dernier comme des crimes de guerre par la Cour pénale internationale. Quel que soit le temps que cela prendra, tous ceux qui ont participé à ces destructions seront poursuivis et devront répondre de leurs actes.

Qu'en est-il des précieux manuscrits de Tombouctou ? D'après le directeur du musée de Bamako, que j'ai reçu récemment, la situation à Tombouctou est assez précaire. Les forces salafistes sont à l'intérieur de la ville. Mais elles ne sont pas si nombreuses et n'ont pas la possibilité de contrôler la totalité du territoire. Un grand nombre des manuscrits des XIIe-XIXe siècles, qui se trouvaient dans les bibliothèques et instituts de la ville, ont été discrètement évacués de Tombouctou. Ils sont désormais conservés en lieu sûr à Bamako, dans un dépôt contrôlé par le gouvernement. Nous allons contribuer financièrement au renforcement de la sécurité de ce lieu. Ce qui nous inquiète le plus maintenant, ce sont les manuscrits appartenant à des particuliers, qui sont restés à Tombouctou et dans la région.

Propos recueillis par B. A.

EN IMAGE

Une tortue vieille de 215 millions d'années

C'est le plus ancien fossile de tortue au monde : il serait âgé de 215 millions d'années. La carapace est en parfait état, ainsi que plusieurs vertèbres du cou, de la queue et des os des pattes. L'ensemble avait été extrait d'une boue argileuse de la région de Cracovie en 2008. La tortue, de l'espèce *Proterochersis robusta*, a été minutieusement datée depuis grâce à l'analyse des pollens présents dans le fossile. Une découverte d'autant plus intéressante que les fossiles datant du trias sont rares : seuls huit sites en contenant ont été répertoriés dans le monde. La prochaine mission de l'équipe de Tomasz Sulej, de l'Institut de paléontologie de Varsovie, à l'origine de la découverte, est de trouver un crâne contemporain. J. M.

JANEK SKARZYNSKI/AFP

César est mort ici

Le lieu exact où César a été assassiné aurait été retrouvé par des chercheurs du Centre supérieur de recherche scientifique espagnol. Il serait situé dans le centre de Rome. Les spécialistes ont découvert une dalle en ciment dans les ruines de la curie de Pompée, correspondant à celle qu'avait fait poser son fils adoptif Octave à l'emplacement du meurtre. Selon Suétone, l'auteur de la *Vie des douze Césars*, le dictateur avait été poignardé à 23 reprises le 15 mars 44 avant J.-C.

► 1400 DENTS

sont situées au fond de la gueule des dinosaures à bec de canard (ou hadrosauridés). L'analyse de leur structure révèle une architecture extrêmement complexe qui leur permettait de broyer les végétaux les plus abrasifs. On compte ainsi six tissus principaux, là où les reptiles se contentent de deux et les chevaux, ou autres herbivores spécialisés, de quatre.

Neandertal imitateur

Qui a fabriqué les parures et les outils finement taillés caractérisant la culture préhistorique dite du châtelperronien ? Ce serait bien l'homme de Neandertal il y a -35 380 à -40 970 ans, comme le laisse supposer la datation au carbone 14 de 31 ossements du site de la grotte du Renne, à Arcy-sur-Cure (Yonne). Selon les chercheurs du Max-Planck Institute de Leipzig, les néandertaliens, qui produisaient des objets très différents jusqu'alors, auraient imité le savoir-faire des hommes modernes arrivant en Europe.

www.sciencesetavenir.fr

Lucy dans les arbres

L'étude de Selam, un *Australopithecus afarensis* âgé de 3 ans, donne du poids à la théorie selon laquelle Lucy et ses semblables, quoique bipèdes, se déplaçaient aussi dans les arbres. Ses omoplates révèlent en effet que l'articulation de l'épaule se modifiait au cours du développement de l'individu pour s'adapter au grimper, comme chez les singes.

Un mammouth en Seine-et-Marne

Le squelette quasi complet d'un mammouth laineux adulte (*Mammuthus primigenius*) a été mis au jour à Changis-sur-Marne, par des

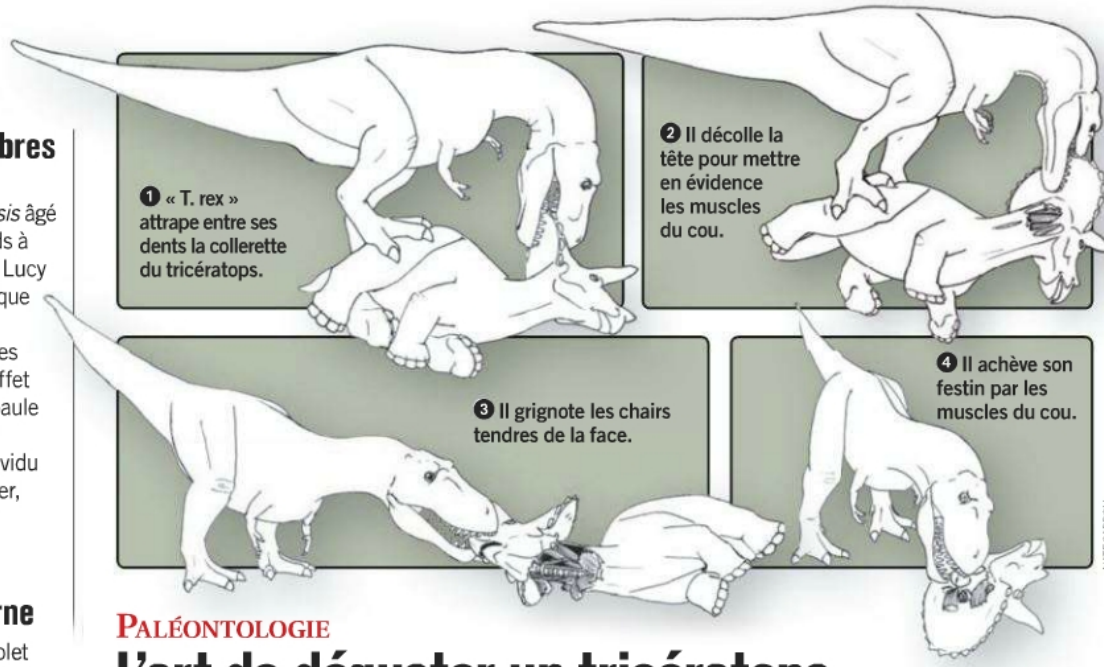
GILKSMAN/INRAP

archéologues de l'Inrap. L'animal, un des plus imposants de cette espèce jamais trouvé en France, serait vieux de 50 000 à 200 000 ans.

Le Louvre accusé

A peine inauguré et déjà accusé d'exposer des œuvres « volées ». C'est ce qui vient d'arriver au département des arts de l'Islam du Louvre, à Paris. La Turquie lui réclame la restitution de certaines céramiques ottomanes. Selon Ankara, ces éléments auraient été pris au XIXe siècle, dans la mosquée de Piyale Pasha, à Istanbul. Pour le Louvre, ces œuvres ont été acquises de bonne foi et dans des conditions légales.

www.sciencesetavenir.fr



NATE CARROLL

PALÉONTOLOGIE

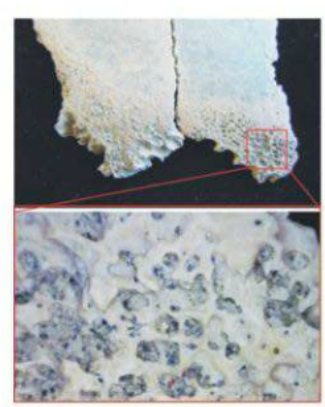
L'art de déguster un tricératops

Comment croquer un tricératops ? En lui arrachant la tête pardi ! C'est en tout cas ainsi qu'aurait pu procéder l'un des prédateurs de ces herbivores du crétacé, l'américain *Tyrannosaurus rex*. L'hypothèse a été débattue lors de la dernière rencontre annuelle de la Société de paléontologie des vertébrés en Caroline du Nord (Etats-Unis). Denver Fowler et ses collègues du muséum des Rockies (Montana, Etats-Unis) ont présenté les marques de dents observées sur 18 tricératops, dont l'analyse laisse penser qu'ils sont majoritairement le fait de *T. rex*. L'absence totale de trace de cicatrisation suggère que les morsures observées ont été infligées *post mortem* – les coups de dents n'étaient donc pas destinés à tuer l'animal mais à en prélever la viande. Autre observation : les collerettes d'os et de kératine des tricératops (qui jouaient probablement un rôle protecteur lors des combats) sont trouées, mordillées. Pourtant, elles n'ont aucun intérêt nutritionnel. Conclusion ? Ce que visait *T. rex*, c'était les muscles généreux du cou, et pour les atteindre, il lui fallait arracher la tête de sa victime. « *Ce n'est pas en essayant de manger sa proie que le prédateur a laissé ces marques, mais en tentant de la positionner de façon à pouvoir lui dégager le cou afin de la décapiter* », imagine le paléontologue *(voir les dessins)*. Ce qui serait cohérent avec les traces profondes et parallèles à la base du cou et du crâne de certains animaux. Des traces de mordillage ont également été relevées sur le devant du crâne de tricératops, laissant supposer que *T. rex* ne dédaignait pas de grignoter les chairs tendres de la face. **R. M.**

PRÉHISTOIRE

La viande était déjà au menu des hominidés

L'homme était déjà « accro » au steak il y a 1,5 million d'années. C'est du moins ce qu'indiquerait le crâne d'un très jeune (2 ans au plus) hominidé fossile mis au jour en Tanzanie. Il présente en effet des traces d'une pathologie osseuse associée à une carence en vitamine B12. Or, cette vitamine est surtout présente dans les produits carnés. Les lésions, semblables à celles que l'on observe sur des squelettes modernes à partir du néolithique, sont souvent attribuées aux effets d'une anémie. Hélas ! le mauvais état du spécimen – deux fragments jointifs de la voûte du crâne – ne permet pas de l'identifier avec certitude. Peut-être s'agissait-il d'un *Homo ergaster* ou d'un *Homo erectus* ? En tout cas, cet hominidé avait physiologiquement évolué au point d'avoir un besoin vital de protéines animales. Il pouvait souffrir de manques mortels (que ne connaissent pas, par exemple, les grands singes), soit au cours de l'allaitement, en raison d'une alimentation déficiente chez la mère, soit juste après le sevrage, phase critique du développement. **L. B.**



PLOS ONE

Les fragments du crâne montrent une pathologie osseuse liée à une carence en vitamine B12.

Et si vous choisissiez la stabilité du long terme plutôt que la fragilité du court terme ?

Quand une banque partage les valeurs de ses Sociétair es, leur confiance est réciproque et durable. *Depuis 60 ans, la CASDEN s'engage, au quotidien, à leurs côtés afin qu'ils réalisent leurs projets en toute sécurité et aux meilleures conditions. Être une banque coopérative, c'est protéger avant tout les intérêts de ses Sociétaires.*

Rejoignez-nous sur **casden.fr** *ou contactez-nous au* **0826 824 400**
(0,15 € TTC/min en France métropolitaine)

+X BANQUE POPULAIRE

L'offre CASDEN est disponible en Délégations Départementales et également dans le Réseau Banque Populaire.

casden BANQUE POPULAIRE

CASDEN, la banque coopérative de l'éducation, de la recherche et de la culture

CASDEN Banque Populaire - Société Anonyme Coopérative de Banque Populaire à capital variable – Siège social : 91 Cours des Roches – 77186 NOISIEL. Siret n° 784 275 778 00842. RCS Meaux. Immatriculation ORIAS n° 07 027 138. BPCE – 50 rue Pierre Mendès France – 75013 Paris – RCS 493 455 042.

● Avis de Tempête - Illustration : Killoffer

Un muscle artificiel, fait de molécules (à gauche), pourrait un jour se mesurer aux fibres musculaires humaines (à droite).

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

NANOTECHNOLOGIES

Le premier muscle artificiel qui va se mesurer à l'homme

Des chimistes français ont construit des fibres musculaires à base de molécules qui pourraient équiper des robots. Une première mondiale.

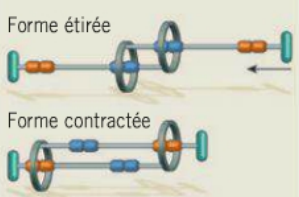
Des nanorobots qui se baladent dans le corps pour explorer les organes, injecter un médicament dans des cellules, voire réparer une artère… Délire de science-fiction ? Pas si sûr, car ces robots, que l'on ne savait pas mouvoir jusqu'à présent, vont pouvoir être dotés de muscles réalisés sur mesure, d'après l'idée de chimistes des universités de Strasbourg et Paris.

Ils viennent en effet de construire le premier muscle artificiel à partir d'une molécule unique, le rotaxane, capable de se contracter et de se relâcher à volonté. Une première mondiale dans le domaine des nanotechnologies. « *Nos molécules ne sont pas encore tolérées par un organisme vivant, mais nous avons montré la validité du concept* », avertit Nicolas Giuseppone, chimiste à l'université de Strasbourg et principal auteur de ces recherches publiées dans la revue scientifique *Angewandte Chemie*.

Le rotaxane est très particulier : il est constitué de deux sous-unités emboîtées tête-bêche. Selon la manière dont se fait cet encastrement, la molécule adopte une forme contractée ou étirée. L'amplitude du déplacement ainsi obtenue est alors de un nanomètre. Pas grand-chose. Aussi, l'équipe française a-t-elle décidé de démultiplier ce mouvement en assemblant plusieurs molécules identiques. Au total, les chercheurs ont réussi l'exploit d'en mettre environ 3000 bout à bout. Ils ont ainsi obtenu un filament long de dix micromètres (10 m soit 0,01 mm). Surtout, ils sont parvenus à faire en sorte que toutes les molécules formant ce polymère se contractent et se relâchent sur commande et en même temps. Comment ? Tout simplement en faisant faiblement varier l'acidité de la solution dans laquelle il baigne. « *La chaîne passe de 10 m dans sa forme contractée à 16 m en position relâchée* », précise Nicolas Guiseponne.

Et ce n'est là qu'une première étape. L'équipe de Strasbourg souhaite maintenant assembler ces filaments, côte à côte, pour former un véritable sac de nanomuscles capables de se contracter simultanément. Cette structure serait analogue à un sarcomère, la brique élémentaire des fibres musculaires. A terme, selon le nombre de molécules que les chercheurs parviendront à empiler, peut-être ces muscles artificiels pourront-ils même réparer un vrai muscle. **Olivier Hertel**

La molécule de rotaxane en action



Le rotaxane est constitué de deux sous-unités emboîtées, tête-bêche, ressemblant à un bras tenant un lasso. Pour encastrer les deux sous-unités, on fait passer le bras de la première dans le cercle de la seconde, et inversement. L'assemblage ne peut se faire que deux manières : dans l'une, la molécule est dans une forme contractée ; dans l'autre, elle est étirée.

B. LAFON

TECHNOLOGIE

L'impression 3D devient accessible à tous

Les produits imprimés font leur entrée dans la famille des produits de grande consommation : début 2013, une gigantesque usine d'objets imprimés sur mesure en 3D ouvrira ses portes à New York (Etats-Unis). Les clients vont ainsi pouvoir concevoir n'importe quel objet sur Internet grâce à un logiciel dédié à la réalisation des plans. Ils choisiront ensuite le matériau parmi une large palette dont le verre, la céramique ou l'argent. Et seront livrés quelques jours plus tard à peine. Le cœur de cette usine d'un nouveau genre est constitué de 50 imprimantes 3D industrielles. Le prix des objets variera de quelques euros à plusieurs milliers selon la complexité des formes et les matériaux usinés. **J. M.**

www.shapeways.com

SHAPEWAYS NYC

L'imprimante 3D, en arrière-plan, permet de produire des objets en volume comme ce crâne à partir de données numérisées.

TRANSPORTS

La voiture-fusée vise les 1600 km/h

L'Australie va se mesurer au Royaume-Uni dans la course au premier bolide qui franchira les 1000 miles par heure (soit 1609,34 km/h) : un pilote de dragster australien a dévoilé l'Aussie Invader 5R, un véhicule propulsé par un moteur de fusée, carburant à l'oxygène liquide et au biokérosène. Puissance annoncée : 200 000 chevaux, qui devraient permettre à la voiture-fusée d'atteindre sa vitesse maximale en à peine 20 secondes. Les précédents records de vitesse au sol avaient été battus par des véhicules dotés de moteurs d'avion de chasse. Suffisants pour atteindre les 1227 km/h de l'actuel record – détenu depuis 1997 par le véhicule anglais Thrust SSC –, mais pas pour viser le nouvel objectif, fixé à environ une fois et demie la vitesse du son.

Un changement de catégorie qui oblige à revoir la conception de la carlingue de l'appareil : celle-ci devra être blindée pour supporter les 12 tonnes de pression par centimètre carré qu'exercera l'air lors de l'accélération. Quant au risque de voir l'engin décoller, le responsable des courses de dragsters en France, Michel Cailloux, estime que *« contrairement au fond plat des voitures de course, son aérodynamisme en forme de balle devrait le réduire »*. Les Australiens misent sur un unique propulseur tandis que le projet concurrent en Grande-Bretagne, le Bloodhound SSC – successeur du Thrust SSC et conçu par la même équipe – repose sur la combinaison d'un réacteur d'avion de chasse Eurofighter pour le démarrage et d'un moteur de fusée pour la pointe de vitesse. Premiers tests en 2013 pour les Britanniques, en 2014 pour les Australiens. **J. M.**

Ce véhicule tentera d'atteindre au sol une fois et demie la vitesse du son.

AUSSIE INVADER / AFP

Un pont posé en un jour

Une seule journée a suffi pour changer le tablier (la structure portant l'asphalte) d'un pont à Bex, en Suisse. Cette performance a été réalisée grâce à la composition ultralégère du tablier, imaginée par des ingénieurs de L'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne : du bois de balsa et une résine spécialement développée pour l'occasion. Le tout est quatre fois plus léger que le béton classique. Et en plus, il ne rouille pas.

Faire son plein d'eau de mer

Des avions de chasse qui carburent à l'eau de mer. C'est le projet de la marine américaine qui développe un procédé électrochimique permettant de transformer l'eau de mer et le CO_2 qui y est dissous en carburant. Ce dispositif embarqué, qui n'existe pour le moment qu'à l'état de prototype, permettrait d'éviter les ravitaillements en mer, compliqués et coûteux. Il pourrait être alimenté en énergie par les réacteurs nucléaires qui équipent certains navires de l'US Navy.

Lire l'avenir sur Twitter

Twitter serait-il le meilleur des horoscopes ? Des mathématiciens américains ont développé un algorithme qui permet de prévoir quels seront les sujets les plus populaires sur Twitter et ce, avec quatre ou cinq heures d'avance. Ce programme complexe nécessite une période d'apprentissage durant laquelle il s'entraîne à reconnaître quels sont les paramètres qui font qu'un sujet va devenir populaire.

www.sciencesetavenir.fr

ENERGIE

Biocarburants
la piste du champignon de Paris

FRANÇOIS GILSON/MBIOSPHOTO

«Agaricus bisporus», sans rival pour dégrader la matière organique, pourrait devenir un allié des chercheurs pour créer de l'éthanol.

Le génome du champignon de Paris a été décrypté. Ce ne sont pas ses qualités gustatives qui ont motivé les auteurs de ce séquençage, mais ses particularités évolutives : il se trouve que le champignon de Paris est un as de la dégradation de la matière organique. Il est ainsi parfaitement adapté à une niche écologique qui lui fait remplir un rôle unique dans la nature : *Agaricus bisporus* se nourrit en dégradant l'humus de la litière forestière, ce que les champignons de l'ordre des agaricales sont les seuls à savoir faire.

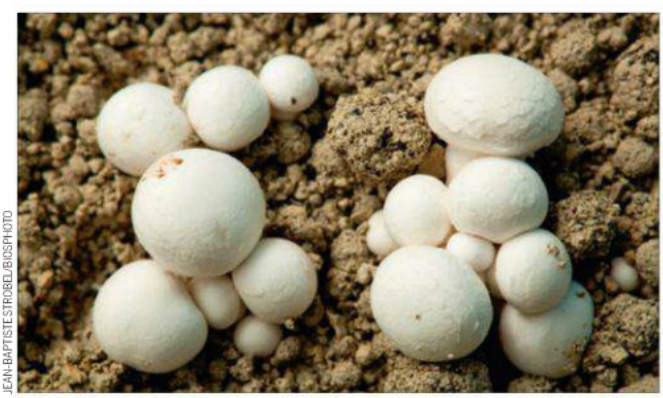
En champignonnière, on imite ce substrat en préparant un compost de paille de blé, de gypse et de fumier de cheval pour l'apport azoté. « *Ce milieu riche est délicat à dégrader car composé d'acides humiques et de tannins, qui sont des grosses molécules*, expose Francis Martin, directeur du laboratoire Arbre à l'Inra et coauteur de l'étude. *Elles résultent de la longue décomposition du bois par les pourritures blanches et brunes, autres champignons capables d'attaquer la cellulose et la lignine du bois quand l'arbre meurt.* »

Composé de 30 millions de paires de bases, ce génome n'est pas exceptionnel par sa taille au regard de celui des autres champignons. En revanche, il possède un arsenal complet d'enzymes de dégradation performantes. Alors que les champignons dégradant le bois n'en ont que deux ou trois, *Agaricus* est riche de cellulases, de polysaccharide-lyases et de pas moins de 24 formes d'une peroxydase spécifique permettant l'oxydation de la matière par le biais de la production d'eau oxygénée.

« *Et pourtant, avec tout cet arsenal génétique, le champignon de Paris est incapable de pousser sur le bois mort*, s'étonne Francis Martin. *Ce qui montre que si le contexte écologique ne s'y prête pas, les gènes ne s'expriment pas.* »

Mais si le champignon ne se sert pas de toute sa richesse enzymatique, l'homme, lui, pourrait bien en tirer profit. Les enzymes découvertes vont intégrer les bases de données dans lesquelles les chercheurs puisent pour créer les cocktails facilitant la transformation de la biomasse en carburants de seconde génération. En effet, la lignocellulose, qui est le composé organique le plus abondant sur Terre, pourrait devenir un biocarburant. A condition de savoir dégrader le bois pour permettre à des bactéries et des levures de faire fermenter les sucres contenus dans la cellulose et fabriquer ainsi de l'éthanol. Et les enzymes du champignon de Paris pourraient bien faire ce travail.

Autre perspective, connaître les agaricales permettra de mieux décrire l'une des étapes du cycle du carbone : la dégradation de l'humus. Ce travail de décomposition des champignons est crucial pour recycler le carbone dans les sols. On connaîtra mieux ainsi le rôle clé des forêts dans la séquestration du carbone et leur importance dans la lutte contre le réchauffement climatique. **Loïc Chauveau**



JEAN-BAPTISTE STROBEL/BIOSPHOTO

Le décryptage du génome du champignon de Paris a mis en évidence ses enzymes qui lui permettent de dégrader les litières forestières pour se nourrir.

REPÈRE

Les souches sauvages du champignon de Paris se récoltent surtout en… Californie, dans les forêts de cyprès. Dans nos régions, leurs cousins les plus courants sont *Agaricus campestris* (le rosé des prés) et *Agaricus silvaticus* (l'agaric des forêts, présent sous les conifères).

La production mondiale de champignon de Paris, *Agaricus bisporus*, est de 1,4 million de tonnes, dont 100 000 tonnes en France.

NESPRESSO
onLy U*
THE U LIVES LIKE YOU**
*Seulement U **U vit comme vous
NESPRESSO
Le café corps et âme

L'argent menace les champs

Utilisées dans les chaussettes pour leurs propriétés antibactériennes, les nanoparticules d'argent pourraient constituer un réel problème pour l'agriculture, d'après une étude de l'université technologique Chalmers, à Göteborg (Suède). Lors du lavage des chaussettes, les nanoparticules sont entraînées dans les stations d'épuration, puis dans les boues épandues sur les champs. Conséquence ? L'argent, toxique pour les plantes, y reste stocké.

▶ 4 %

C'est la part de leur exploitation que les agriculteurs français devront consacrer à la biodiversité à travers les haies, bosquets et mares dès le 1er janvier 2013. La politique agricole européenne commune – en cours de négociation – devrait à terme faire passer cet effort à 7 %.

La mouche qui se régale du cactus

Dans le désert de Sonora entre l'Arizona et le Mexique, une petite mouche ne peut se passer d'une espèce bien précise de cactus géant. C'est que *Drosophila pachea*, est incapable d'utiliser son cholestérol pour fabriquer la principale hormone des insectes, l'ecdystérone. Or, le cactus est l'unique plante de la région à produire dans ses tissus une substance proche du cholestérol et que la drosophile peut métaboliser. L'enquête a été menée à l'Institut Jacques Monod à Paris. Où l'on confesse ne connaître aucun autre insecte capable de se nourrir de cette plante toxique pour les autres mouches.

www.sciencesetavenir.fr

ENERGIE

La plus grande éolienne du monde

SIEMENS

La méga-éolienne, en cours de test au Danemark, doit produire assez d'électricité pour alimenter 6000 foyers.

Avec 154 mètres de diamètre pour 6 MW de puissance, c'est la plus grande éolienne jamais construite. Elle est testée depuis le 6 octobre, sur le site terrestre d'Osterild (Danemark) par Siemens Energy. Deux exemplaires doivent être ensuite installés en mer, sur le champ anglais de Gunfleet Sands. Trois cents autres méga-éoliennes devraient suivre pour la seule Grande-Bretagne. Cette course au gigantisme s'explique par la volonté de créer des fermes offshore puissantes qui ne nécessitent pas beaucoup de visites d'entretien, parfois difficiles en mer. Aussi le rotor est-il à entraînement direct, sans engrenages. Siemens assure que son nouveau-né produira l'équivalent de la consommation de quelque 6000 foyers. Le constructeur allemand qui, après s'être retiré du nucléaire en 2010, vient de quitter le projet Desertec de production d'énergie solaire dans le Maghreb, mise plus que jamais sur l'éolien et l'hydraulique. **L. C.**

ENVIRONNEMENT

Les palmiers à huile, rois du réchauffement

Nouvelle alerte sur le front des palmiers à huile : la revue britannique *Nature Climate Change* vient de publier un constat alarmant sur l'impact de la transformation de forêts en cultures de palmiers en Indonésie. 90 % des plaines littorales indonésiennes étaient auparavant couvertes d'arbres et stockaient des décennies de carbone. Aujourd'hui, elles ont été transformées en champs de palmiers. Cette déforestation et la pratique consistant à brûler les arbres abattus seraient à l'origine de l'émission de 24 millions de tonnes de dioxyde de carbone CO_2 par an dans l'atmosphère. Et la situation n'est pas près de s'arranger : 79 % des concessions attribuées par le gouvernement de Djakarta dans le Kalimantan (partie indonésienne de l'île de Bornéo) n'ont pas encore été exploitées. Ces calculs ont été réalisés par des scientifiques de l'université Yale et de celle de Stanford (Etats-Unis). Pour estimer l'ampleur de la déforestation, les chercheurs américains ont épluché les images du Kalimantan prises par le satellite d'observation terrestre Landsat entre 1990 et 2010. Ils ont ainsi observé qu'en 1990, les palmiers à huile couvraient 903 km², contre 8360 km² en 2000. Depuis, le taux de déforestation s'est accéléré avec une expansion de 2328 km² par an, pour atteindre 31 640 km² en 2010. En 2020, si ces permis d'exploitation sont maintenus, le palmier à huile couvrira 93 844 km². Les émissions de gaz à effet de serre atteindront alors 150 millions de tonnes, soit 22 % des émissions de toute l'Indonésie. **L. C.**

AFP

Les palmiers à huile du Kalimantan entraînent l'émission de 24 millions de t de CO_2 par an.

THE U LIVES LIKE YOU **

*U & Moi **U vit comme vous

NESPRESSO®

Le café corps et âme

Le chant humain d'un béluga

Pour la première fois, un cétacé a été pris en flagrant délit de vocalises humaines. Noc, un béluga hébergé par une fondation de San Diego (Etats-Unis) produisait avec son nez des sons de plusieurs octaves plus bas que ses congénères, au rythme de la voix humaine. Une reconnaissance posthume, le cétacé étant mort depuis.

http://2doc.net/nthrm

REX/SIPA

▶ 26 000 GÈNES

ont été comptabilisés dans le génome de l'orge. La quatrième céréale semée dans le monde est utilisée pour 20 % dans la fabrication de la bière et du whisky. C'est ce secteur d'activité qui attend de ce séquençage l'amélioration de variétés destinées à la distillation.

Le riz menacé par le réchauffement

Les variétés de riz actuelles ne sont pas adaptées au réchauffement climatique. Le rendement baisse quand la température augmente. Par ailleurs, l'accroissement de CO_2 dans l'air stimule leur croissance. L'activité de bactéries productrices de méthane qui se nourrissent de leurs racines est alors en hausse. Le rendement baissera d'un tiers d'ici à la fin du siècle, tandis que la production de méthane augmentera de moitié.

www.sciencesetavenir.fr

ECOLOGIE

L'effet cocktail des pesticides démontré

Perte d'orientation, récoltes plus maigres de pollen, morts prématurées et massives… Les bourdons exposés à plusieurs pesticides quand ils butinent d'un champ à l'autre sont fortement fragilisés, au point de menacer la survie de leur colonie. L'effet cumulatif des pesticides vient en effet d'être démontré par Nigel Raine, de l'université de Londres, dans l'une des rares études portant sur ces cocktails (*lire* S. et A. *n° 783, mai 2012, et n° 771, mai 2011*).

Le chercheur a équipé de puces RFID les bourdons *Bombis terrestra* d'une quarantaine de ruches. Il les a ensuite exposés à deux pesticides différents, séparément ou simultanément : un néonicotinoïde (l'imidaclopride, molécule active du Gaucho de Bayer, enrobant les semences) et un pyréthroïde (la lambda-cyhalothrine, molécule active du Warrior de Syngenta, pulvérisé sur les cultures). Le tout aux faibles doses qu'ils rencontrent dans les champs. Conclusions ? Chez les insectes doublement exposés, le nombre de bourdons qui se sont égarés a augmenté de 50 % par rapport au groupe témoin. Les ouvrières affamées ont délaissé les larves pour butiner à leur tour et les naissances ont chuté. *In fine*, les taux de mortalité cumulés observés pour chaque type d'exposition étaient de 41 % dans le groupe exposé à l'imidaclopride, 51 % avec le pyréthroïde et 69 % parmi ceux qui étaient exposés aux deux – contre 30 % pour le groupe témoin. « *Les premiers effets de la double exposition se sont fait sentir au bout de deux semaines seulement, pour s'aggraver à la quatrième semaine*, souligne Nigel Raine. *Les tests actuels qui évaluent la toxicité (aiguë) des pesticides en 96 heures sont totalement insuffisants.* » **R. M.**

NIGEL RAINE

Quand les bourdons sont exposés à deux pesticides simultanément, la mortalité de la colonie augmente.

EN IMAGE

Le plancton fuyard

Imaginez qu'une herbe puisse s'enfuir à l'arrivée d'une vache. C'est exactement ce qui se passe dans le milieu marin : une équipe de l'université de Rhode Island (Etats-Unis) a observé la fuite d'une algue microscopique, *Heterosigma akashiwo (en haut)*, alors qu'elle était en présence de son animal brouteur, *Favella sp. (ci-contre)*. « *Nous savions que le phytoplancton pouvait contrôler ses mouvements pour se diriger vers la lumière et des nutriments, mais nous ignorions qu'il pouvait aussi s'éloigner de ses prédateurs*, explique Susan Menden-Deuer, cosignataire de l'étude parue dans *PlosOne*. *A notre connaissance, aucune autre plante ne peut faire cela.* » L'algue fait aussi des mouvements de fuite lorsqu'elle se trouve dans une eau ayant précédemment contenu le prédateur. Sa faculté de déplacement lui permet de se réfugier dans des eaux moins salées, que *Favella sp.* ne peut supporter. L. C.

ELIZABETH HARVEY/GSO

Savez-vous que depuis la Terre,
on voit toujours le même côté de la Lune ?

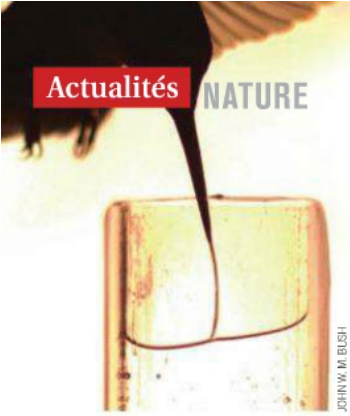
La science est partout.

Mais une seule chaîne ne parle que de science.

Disponible en exclusivité sur CANALSAT

www.discoverychannel.fr

SC
DISCOVERY SCIENCE



JOHN W. M. BUSH

Le colibri boit sans effort

Pour prélever du nectar, le colibri n'a pas besoin de dépenser la moindre calorie grâce à une langue très particulière. Dotée d'un double canal, elle aspire rapidement le liquide par capillarité. Des chercheurs américains du MIT ont observé ce fait en réalisant un film ultrarapide, puis l'ont confirmé avec une modélisation mathématique.

► 512

C'EST LE NOMBRE

de plantes vasculaires (à sève) qui seraient en voie de disparition en France. Une information extraite du tout premier inventaire de ces espèces végétales. Le territoire français abrite 4400 espèces végétales, mais elles sont menacées par les atteintes aux milieux naturels et le drainage des zones humides.

http://2doc.net/gomp8

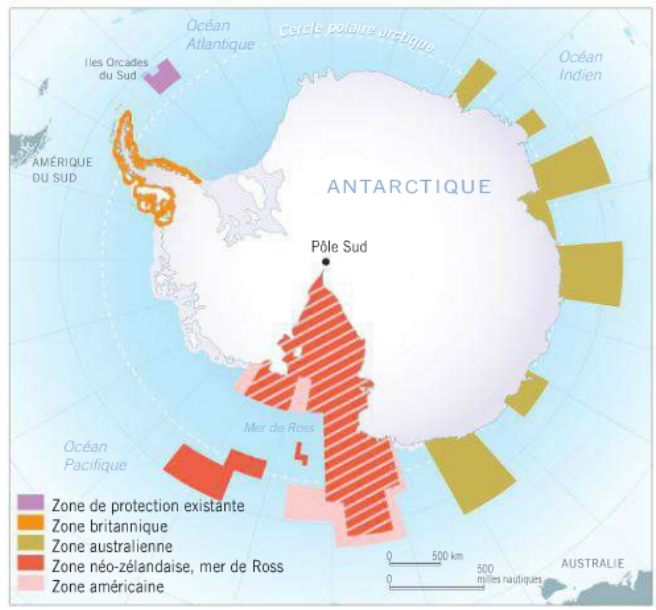
La fraîcheur est dans la bouse

Plus il fait chaud, plus le bousier a tendance à grimper sur sa boule d'excréments car elle lui sert de climatiseur mobile, affirment des chercheurs suédois. Grâce à l'évaporation constante de l'eau qu'elle contient, les insectes ne se grillent pas les pattes sur un sol surchauffé. La preuve : chaussés de mini-bottes en silicone protectrices, ils escaladent moins souvent leur bouse.

www.sciencesetavenir.fr

ENVIRONNEMENT

Océan Antarctique, la protection en panne



SOURCE : CCAMLR - INFOGRAPHIE : SYLVIE DAGLIDAL

Aires marines de protection suggérées par les différents Etats. Nouvelle-Zélande et Etats-Unis ont fait en partie une proposition commune.

La Commission pour la conservation des ressources marines de l'Antarctique traverse une crise grave : les 24 Etats qui composent cet organisme, pionnier en matière de protection marine, ne sont pas parvenus à s'entendre pour créer des aires protégées sur les abords du continent blanc. Ils s'étaient réunis fin octobre avec l'Union européenne à Hobart, en Australie, pour en débattre. Mais la Russie, l'Ukraine et la Chine ont opposé leur veto, redoutant les restrictions de pêche.

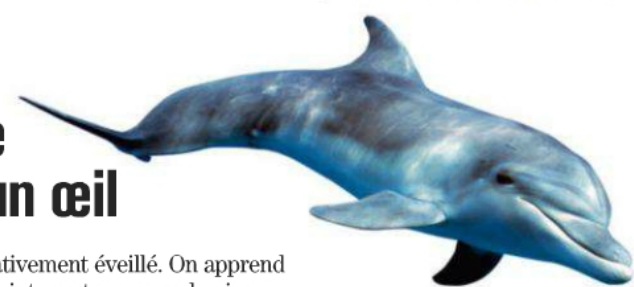
Les scientifiques travaillent depuis 2005 sur la définition de zones marines. Il s'agit de protéger les espaces où se reproduisent le krill (la crevette qui sert de nourriture aux baleines) et les légines (ces poissons dont se repaissent manchots, phoques et orques, mais aussi appréciés des hommes). « *Les bateaux de pêche pourront pénétrer dans ces zones, mais ils devront respecter les périodes de reproduction et se soumettre à une limitation des prises* », expose Philippe Koubbi, du Laboratoire d'océanographie de Villefranche-sur-Mer.

Les Etats-Unis et la Nouvelle-Zélande s'étaient entendus sur la protection de la mer de Ross. L'Australie, l'Union européenne et la France ont proposé sept zones de 1,9 million de km² d'océan en bordure du continent blanc, faisant face à l'Australie et sur une partie de la mer de Dumont d'Urville. Rien de tout cela ne prendra donc effet avant, au mieux, l'année prochaine et la réunion de la commission, qui aura lieu en juillet 2013 en Allemagne. Seules les eaux des îles Orcades du Sud restent officiellement protégées. **L. C.**

http://antarcticocean.org/home.php

ETHOLOGIE

Les dauphins ne dorment que d'un œil



JEFFREY ROTMAN/BIOSPHOTO

« Turciops truncatus » surveille en permanence son environnement.

Les dauphins possèdent une capacité dont aucun mammifère terrestre n'est doté : ils restent toujours conscients de leur environnement proche, 24 h sur 24, 365 jours par an – contrairement à nous qui, chaque nuit, nous détachons de tout ou presque durant notre sommeil.

Pour vivre en milieu aquatique, ces mammifères doivent régulièrement remonter à la surface pour respirer. Et donc être conscients en permanence. Durant leur sommeil, chaque hémisphère du cerveau reste alternativement éveillé. On apprend maintenant que ce « demi-sommeil » permet aussi aux dauphins de continuer à surveiller leur environnement. Comment ? En émettant des petits cliquetis dont l'écho donne la distance et l'identité de ce qu'ils rencontrent (on parle d'écholocation).

Pour prouver que l'état de conscience est permanent, une équipe de la National Marine Mammal Foundation de San Diego (Californie) a installé dans la baie de San Diego une cage flottante équipée d'un appareil diffusant de faux signaux de réponse. Deux grands dauphins (*Turciops truncatus*) ont réagi à ces échos durant deux périodes de cinq jours sans montrer le moindre signe de fatigue. Une femelle a même tenu quinze jours dans une autre expérience. Celle-ci a été arrêtée non pas à cause de la fatigue de l'animal, mais parce que la météo devenait trop mauvaise. **L. C.**

REVUE DE PRESSE NATURE

par Loïc Chauveau

LIGO WEITE / DPA / MAXPPP

Culture du riz en terrasses au Bhoutan. 79 % des habitants du royaume vivent de l'agriculture.

BHOUTAN

Le premier pays à l'agriculture 100 % bio

Pema Gyamtsho veut devenir le premier ministre de l'Agriculture d'un pays qui ne cultive que du bio. Un objectif officiel : en 2020, engrais chimiques et pesticides seront bannis. Réaliste ? Oui, car le Bouthan dépend peu des importations. Près de 80 % des 700 000 habitants vivent peu ou prou d'une agriculture vivrière se passant de produits chimiques du fait de leurs coûts. S'il consomme 85 % de sa production, le petit royaume himalayen est exportateur de pommes, de mandarines, de pommes de terre, de gingembre et surtout de riz rouge, très apprécié en Occident. Le commerce extérieur ne pourra donc être maintenu que si les rendements ne baissent pas.

Il faudra pour cela diffuser de nouvelles techniques agronomiques auprès des petits paysans. C'est que l'agriculture bio utilise beaucoup plus de techniques que la production vivrière traditionnelle. Il faudra donc former les paysans, mais aussi susciter des vocations, car le bio demande plus de main-d'œuvre.

The Epoch Times, http://2doc.net/4s38f

Le chiffre

▶ 1060 MILLIARDS DE DOLLARS

C'est le coût des dégâts dus aux catastrophes naturelles en Amérique du Nord depuis 1980. Selon les calculs du réassureur Munich Re, les dommages ont été multipliés par cinq en trente ans sur ce continent, contre un facteur quatre en Asie, et deux en Europe. Lors des six premiers mois de 2012, l'Amérique du Nord a concentré 85 % des demandes de dédommagements.

Bloomberg, http://2doc.net/s6oms

CAMEROUN

Les éléphants suivis par satellite

Vétérinaire et universitaire en Caroline du Nord, Mike Loomis a doté certains éléphants du parc national du Mont-Cameroun de colliers émetteurs afin de localiser les troupeaux par satellite. En suivant ainsi les pachydermes, les autorités peuvent prévenir les agriculteurs voisins du parc d'une intrusion des animaux, leur donnant le temps de protéger leurs champs. La technique permet également d'affiner les trajets des patrouilles de lutte contre les braconniers.

All Africa.com, http://2doc.net/ue4ru

CANADA

Fertilisation sauvage du Pacifique

Cent tonnes de sulfate de fer ont été épandues cet été dans le Pacifique, au large du Canada, a révélé le *Guardian* le 17 octobre. Cet acte de « géo-ingénierie », complètement illégal, a été financé par des collectivités locales canadiennes à qui l'on a fait miroiter une multiplication des saumons. En réalité, il a servi la cause d'un entrepreneur américain qui cherche à prouver que l'adjonction de fer dans les océans pourrait absorber de grandes quantités de CO_2 *(voir* S. et A. *n° 787, septembre 2012)*. Une technique dont l'efficacité n'est pas scientifiquement prouvée. Au même moment, la communauté internationale réunie en Inde pour la Convention sur la biodiversité a réitéré l'interdiction de la géo-ingénierie.

The Guardian, http://2doc.net/vs5es

SUMATRA

L'orang-outang peut être sauvé

Il ne reste plus que 6600 orangs-outangs sur l'île de Sumatra et les risques de consanguinité sont devenus très élevés, selon une étude de l'université de Zurich (Suisse). Les animaux vivent au sein de petits groupes dans le nord de l'île, séparés par des barrières géographiques (volcans, rivières). L'espèce pourrait encore être sauvée à condition de préserver des liens forestiers entre les différents habitats. Ces corridors biologiques sont empruntés par des mâles à la recherche de femelles.

Science, http://2doc.net/xtz5o

VENEZUELA

Les pêcheurs victimes du réchauffement

Depuis une dizaine d'années, les 30 000 pêcheurs vénézuéliens ne prennent plus de sardines. La cause de cette disparition vient d'être découverte par un chercheur américain. Robert Thunell a étudié les données climatiques de cette région entre 1996 et 2010. Il a découvert que la température de l'eau a augmenté de 1 °C tandis que la vitesse des alizés a diminué de 2 %. Les eaux de surface ne se mélangent plus avec les couches froides plus profondes. La matière organique ne remonte plus, et le phytoplancton qui s'en nourrit meurt de faim. Les sardines, qui mangent le plancton, ont donc quitté l'endroit. Seule solution pour les pêcheurs côtiers : aller jusqu'à 80 km en mer.

Marine Science Today, http://2doc.net/hg0fe

AFP

Pêcheurs côtiers à Santa Fe. La pêche industrielle est interdite au Venezuela.

VIROLOGIE

Premiers succès d'un vaccin contre la dengue

Un vaccin a démontré son efficacité sur trois des quatre formes du virus de la maladie, lors d'un essai clinique sur 4000 enfants thaïlandais.

CDC/SPL/BIOSPHOTO

Le moustique-tigre (« Aedes albopictus »), vecteur du virus de la dengue, pique ses victimes durant la journée.

C'est une première dans la lutte contre la dengue. Cette maladie infectieuse, la plus courante avec le paludisme sous les tropiques, est susceptible d'arriver sous nos latitudes avec l'expansion du moustique-tigre qui la transmet. Un vaccin contre le virus responsable de la maladie, testé auprès de 4000 enfants thaïlandais, a donné des résultats prometteurs. Selon une étude publiée dans la revue *The Lancet*, il a protégé plus de la moitié des enfants, contre trois formes sur les quatre que peut prendre le virus.

Pour le mettre au point, les chercheurs se sont inspirés d'un vaccin efficace depuis plus de soixante-dix ans : celui contre la fièvre jaune, une maladie due à un virus de la même famille que la dengue. Cet essai clinique, le plus vaste réalisé à ce jour pour cette maladie, a confirmé que ce vaccin, dénommé CYD, n'entraîne aucun effet indésirable. Seul problème, la quatrième souche du virus a gardé toute sa virulence. Pour l'heure, les auteurs de l'étude, chercheurs à Sanofi-Pasteur et à l'université Mahidol de Bangkok, ne se l'expliquent pas. Deux autres essais cliniques portant sur plus de 30 000 enfants en Asie et en Amérique latine sont en cours, mais ils ne livreront leurs réponses que d'ici à trois ans.

Un autre espoir dans la lutte contre la maladie est venu presque simultanément de l'identification de récepteurs cellulaires capables de reconnaître le virus. Baptisées TIM et TAM, ces protéines ont été découvertes par des chercheurs français de l'Inserm. Très fréquents à la surface des cellules de l'organisme, ces récepteurs servent à reconnaître un lipide membranaire, la phospatidylsérine. Or, le virus s'enveloppe d'une membrane issue de la cellule infectée, et s'avance en affichant ce lipide. Un subterfuge qui lui permet de s'accrocher, puis de pénétrer dans de très nombreuses cellules qui le prennent pour un débris cellulaire. Les chercheurs suggèrent dans la revue *Cell Host & Microbe* que des inhibiteurs de TIM et TAM pourraient ainsi donner le jour à une nouvelle classe d'antiviraux permettant de soigner la maladie.

Pierre Kaldy

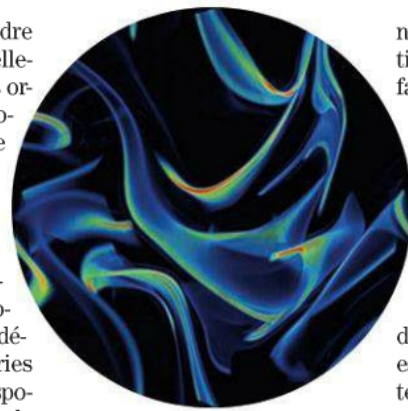
REPÈRE

25 000 décès par an, surtout chez les enfants. Aucun remède jusqu'à présent. La maladie est véhiculée par les moustiques du genre *Aedes*, dont la propagation rapide s'explique par les moyens de transports modernes et l'absence de lutte sur le terrain. Plus de 50 millions de personnes sont infectées chaque année, et la maladie, présente dans 128 pays, ne cesse de s'étendre. De vastes épidémies ont sévi en 2010 au Brésil et dans les Antilles françaises. L'infection par le virus est le plus souvent asymptomatique, mais peut conduire dans 1 % des cas à une forme sévère parfois mortelle si le patient n'est pas hospitalisé.

MICROBIOLOGIE

La paresse bactérienne récompensée

Partir à la chasse ou attendre que la nourriture arrive d'elle-même ? Pour la majorité des organismes vivants, la supériorité de la première stratégie ne fait aucun doute, mais pour les bactéries des océans, tout dépend des vagues ! C'est ce que montrent des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology (Etats-Unis) qui ont modélisé la répartition de bactéries marines en fonction de la disponibilité des nutriments dans de l'eau en mouvement – un modèle plus réaliste que toutes les études réalisées jusqu'à présent dans des bocaux statiques.



JOHN R. TAYLOR & ROMAN STOCKER

Simulation de la distribution des nutriments dans une eau agitée.

Les chercheurs ont commencé par simuler un volume d'eau contenant des bactéries affamées. Puis, ils ont fait apparaître du phytoplancton en décomposition. Les turbulences de l'eau dispersent ces nutriments, d'abord en formant des filaments (comme la crème dans le café, lorsqu'on commence à remuer). La modélisation révèle que les espèces bactériennes capables de se déplacer se concentrent sur ces filaments de nourriture. C'est ce que l'on voit sur l'image ci-dessus où la couleur indique la concentration en micro-organismes (rouge : forte concentration ; jaune : moyenne ; bleu : faible). Dépenser un peu d'énergie pour se nourrir est alors une stratégie gagnante car la quantité d'aliments est très importante. Quand les turbulences perdurent, les nutriments se répartissent peu à peu uniformément. Dès lors, il n'y a plus aucun intérêt de se déplacer, puisque la nourriture est à portée de bouche. Les bactéries immobiles, qui ne dépensent aucune énergie pour se nourrir, sont favorisées.

Les chercheurs concluent que si les turbulences sont très fortes ou très faibles, les espèces bactériennes capables de se déplacer n'ont que peu d'avantages par rapport à leurs cousines immobiles. Entre ces deux situations extrêmes, mieux vaut en revanche être capable de se mouvoir jusqu'aux sites riches en nutriments. **E. G.**

Il a dit

« On trouvera des formes de vie sur Mars. Cela ne prendrait que 4 minutes pour ramener les Martiens sur Terre. On pourrait ensuite les reconstruire en laboratoire plutôt que de les laisser atterrir dans un océan. »

Craig Venter, pionnier du séquençage génétique, en parlant de son projet d'envoyer un « téléporteur biologique » autonome sur Mars pour y chercher et séquencer toute trace d'ADN.

SIPA

BIOLOGIE

Un organe recréé en cellules souches embryonnaires

Une thyroïde fonctionnelle a été produite à partir de cellules souches embryonnaires par une équipe de l'Université libre de Bruxelles. Depuis la découverte de ces cellules en 1981, les chercheurs ont réussi à les faire se différencier en un grand nombre de types cellulaires différents, mais ils n'avaient pas encore trouvé le moyen de reconstituer un organe entier et fonctionnel. La thyroïde était un candidat de choix. Cette glande, qui produit des hormones indispensables au développement et au métabolisme de l'organisme, a en effet une structure relativement simple, en forme de grappe.

L'équipe dirigée par Sabine Costagliola ne s'est pas contentée d'induire la différenciation de cellules souches embryonnaires en cellules thyroïdiennes : elle a aussi découvert que l'addition d'une hormone, la TSH, provoquait leur regroupement en structures arrondies comparables à celles de la thyroïde. Lorsque des souris à la thyroïde déficiente ont été greffées, les taux d'hormones thyroïdiennes dans le sang sont revenus à la normale. Preuve que le greffon s'était bien substitué à l'organe défaillant pour produire une hormone fonctionnelle. Ce résultat publié dans la revue *Nature* ranime un espoir de traitement de l'hypothyroïdie congénitale, maladie dépistée chez près d'un nouveau-né sur 3500 et dont le seul traitement est la prise à vie de l'hormone thyroïdienne. **P. K.**

Les seniors en mal d'équilibre

Pourquoi les personnes âgées tombent-elles ? Parce que lorsqu'elles sont légèrement déséquilibrées, elles n'arrivent pas à compenser avec le haut de leur corps. C'est une analyse d'enregistrements vidéo réalisés dans des maisons de retraite canadiennes qui a permis de l'affirmer. Comptant pour 41 % des cas de chutes, le déséquilibre est suivi par le fait de trébucher (21 %) ou de se cogner (11 %).

Le chiffre

► 50 %

DE BAISSE

de la testostérone chez les garçons de moins de 20 ans, quand ils sont obèses. Ce chiffre a été publié par des chercheurs de l'université de Buffalo (Etats-Unis) à l'issue d'une comparaison de deux groupes de 25 jeunes âgés de 14 à 20 ans, obèses ou non. La baisse de cette hormone pourrait induire impuissance et stérilité chez ces hommes, une fois adultes.

Un venin plus efficace que la morphine

La mambalgine, petite protéine présente dans le venin mortel du mamba noir, un serpent africain, supprime mieux la douleur que la morphine. C'est la surprenante découverte faite chez la souris, par des chercheurs du CNRS et de l'université de Sophia-Antipolis à Nice. Ils ont identifié le récepteur de la substance, qui se trouve à la surface des cellules nerveuses. Une nouvelle piste de produits anesthésiants pour ceux qui ne supportent pas la morphine.

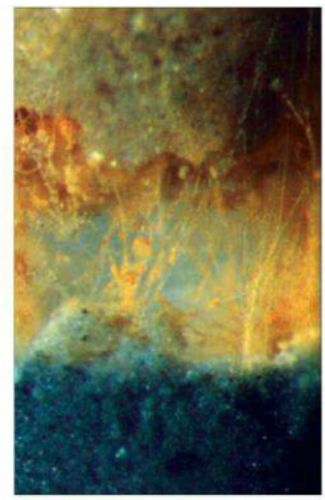
www.sciencesetavenir.fr

OCÉANOLOGIE

Le mystère de l'électricité sous-marine élucidé

De longues bactéries filamenteuses appartenant à la famille des *desulfobulbaceae* se comportent comme des câbles électriques au fond des mers, affirment Nils Risgaard-Petersen et Lars Peter Nielsen, de l'université d'Aarhus (Danemark). C'est la fin d'un mystère vieux de deux ans : en 2010, la même équipe avait décrit d'étranges courants électriques entre diverses couches de sédiments du fond marin. Les coupables étaient donc des mini-câbles vivants, des bactéries multicellulaires longues de près d'un centimètre, qui transfèrent des électrons d'une couche de sédiments à une autre.

Mais à quoi servent ces câbles ?



NILS RISGAARD-PETERSEN

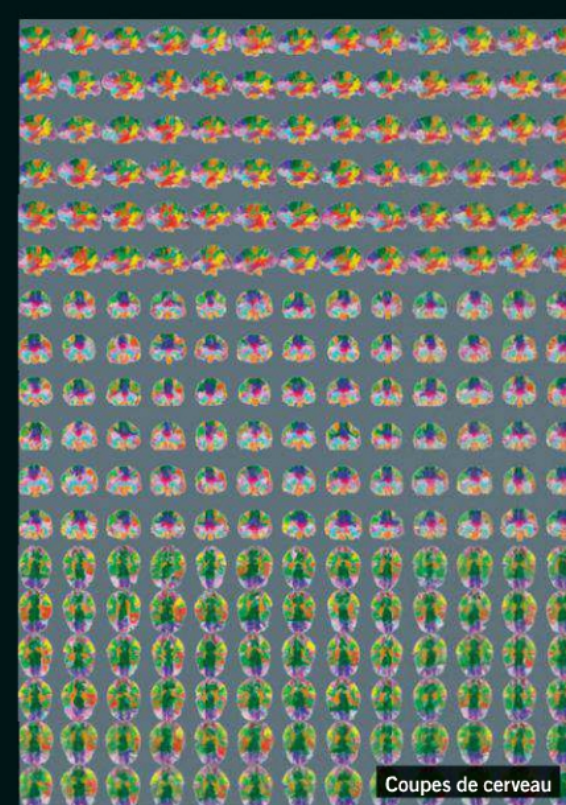
Les bactéries en forme de fils transportent des électrons entre deux couches sédimentaires.

Les bactéries des profondeurs doivent se développer dans un milieu sans oxygène. Leur métabolisme les conduit à produire du sulfure d'hydrogène (H_2S). Or, il s'agit d'un gaz toxique. Pour lutter contre son accumulation, les bactéries lui arrachent des électrons pour le transformer en d'autres composés soufrés tels que les ions sulfates. C'est là que les câbles bactériens entrent en jeu. Ils prennent en charge les encombrants électrons pour les conduire jusqu'aux couches supérieures des sédiments, où ils réagissent avec de l'oxygène et forment de l'eau. C'est ce mouvement d'électrons qui crée le courant électrique observé. **H. R.**

EN IMAGE

Le premier atlas de la matière blanche

Voici le premier atlas de la microstructure de la substance blanche du cerveau, c'est-à-dire la carte de l'ensemble des axones (fibres émettrices) des neurones. Il a été réalisé grâce au concours de plus de 100 volontaires en bonne santé de 25 à 35 ans, dont le cerveau a été exploré avec des appareils d'imagerie tridimensionnelle. Jusqu'ici, les atlas étaient obtenus à partir de cerveaux de personnes décédées et décrivaient surtout la substance grise (les corps cellulaires des neurones et les synapses). Chercheurs et médecins pourront désormais utiliser cette nouvelle version pour mieux comprendre le rôle des fibres dans certaines pathologies afin d'ouvrir de nouvelles pistes thérapeutiques. Ce projet, baptisé CONNECT, a bénéficié de la part de l'Union européenne du financement convoité par le Human Brain Project *(lire p. 8)* : 2,4 millions d'euros dans le cadre des programmes consacrés aux technologies émergentes. **E. S.**



Coupes de cerveau

CEA

LASCAUX

EXPOSITION INTERNATIONALE

INTERNATIONAL EXHIBITION

En première mondiale à Bordeaux

du 13 octobre 2012 au 6 janvier 2013

à Cap Sciences

Conseil Général de la Dordogne

RÉGION AQUITAINE

CAP SCIENCES

CAP SCIENCES - RÉGION AQUITAINE
HANGAR 20 - QUAI DE BACALAN - BORDEAUX
+33 (0)5 56 01 07 07 - **www.cap-sciences.net**

Avec le soutien du

AFP

L'effet franc d'une franche poignée

Une bonne poignée de main influence notre perception des interactions professionnelles, selon une étude de l'université de l'Illinois (Etats-Unis). 18 personnes ont visionné des vidéos de rencontres professionnelles se déroulant plus ou moins bien, et précédées ou non d'une poignée de main. Les réactions dans le cerveau des spectateurs ont été visualisées par imagerie. Les chercheurs y ont vu que la poignée de main renforce le sentiment positif des rencontres qui se déroulent bien et diminuent le sentiment négatif de celles qui se passent mal. A condition que la poignée soit sincère et ferme.

www.sciencesetavenir.fr

CONTROVERSE

OGM : les institutions contre l'étude Séralini

Bien qu'« ambitieuse et originale », l'étude sur la toxicité des OGM menée par le professeur Gilles-Eric Séralini (1) échoue à apporter la preuve d'un lien entre la consommation de maïs NK603 et l'apparition de pathologies chez les rats nourris pendant deux ans avec cet OGM, traité ou non avec l'herbicide Roundup *(voir* S. et A. *n° 789, novembre 2012, et notre site Internet)*. Tel est l'avis de l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire), qui, saisie par le gouvernement, a détaillé les faiblesses méthodologiques et statistiques de l'étude (2). Le Haut Conseil des biotechnologies (HCB) a repoussé les conclusions de l'article de la même façon (3). Toutefois, les deux organismes publics recommandent que soient désormais menées, de façon indépendante, des recherches sur les effets à long terme des OGM associés aux pesticides. Seules trois études portant sur le rat, dont celle du Pr Séralini, ont été à ce jour consacrées à ces effets à long terme. Et elles ne permettent pas de conclure sur le sujet.

Dans la foulée de ces avis, le gouvernement a plaidé pour une *« remise à plat du dispositif européen d'évaluation, d'autorisation et de contrôle des OGM et des pesticides »*. En outre, quatre exministres de l'Environnement ont demandé que soient revues, de façon indépendante, et avec la même sévérité critique, les études qui ont permis l'autorisation du maïs NK603 et du Roundup (4). Autant de révisions que l'Efsa, l'organisme européen en charge des OGM, avait estimé inutiles… En attendant, Gilles-Eric Séralini s'apprêterait à publier, toujours dans la revue *Food and Chemical Toxicology*, des articles complémentaires afin de répondre aux questions et aux critiques. **R. M.**

NOEL CELIS/AFP/GETTY IMAGES

Le Pr Gilles-Eric Séralini auditionné par une commission de l'Assemblée nationale le 10 septembre.

(1) http://2doc.net/ykjq0
(2) http://2doc.net/8fy7k
(3) http://2doc.net/ve95s
(4) http://2doc.net/1ic80

En partenariat avec
SCIENCES ET AVENIR

Photo : Christophe Abramowitz

Retrouvez
Marie-Odile
Monchicourt
dans sa chronique
Info Sciences
les lundis, mercredis, jeudis et vendredis

france info
france-info.com

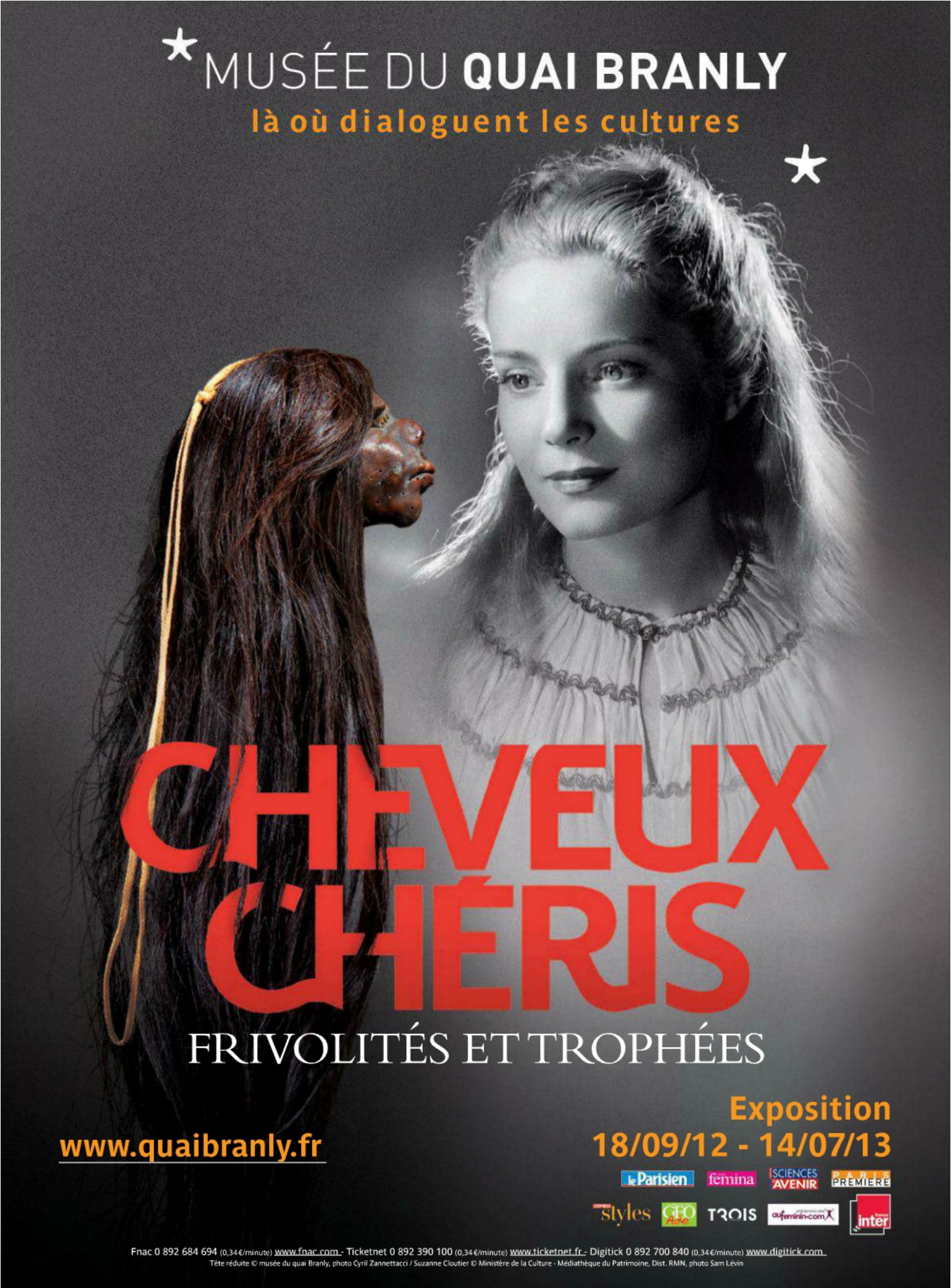
NEUROLOGIE

Sang neuf pour vieux cerveaux

Des transfusions de sang donné par des jeunes pour ralentir la progression de la maladie d'Alzheimer chez les seniors ? Cette idée n'est pour l'instant que la projection d'un étonnant travail réalisé chez la souris et présenté à la réunion annuelle de la Société américaine des neurosciences. En connectant les vaisseaux sanguins d'animaux jeunes à ceux de rongeurs plus âgés afin que leurs sangs se mélangent, l'équipe de Saul Villeda, de l'université Stanford, à Palo Alto (Californie), a mené une expérience assez surprenante. Quelques jours après l'opération, en disséquant les cerveaux des rongeurs, les scientifiques ont observé que le nombre de connexions entre neurones avait augmenté chez les animaux les plus âgés.

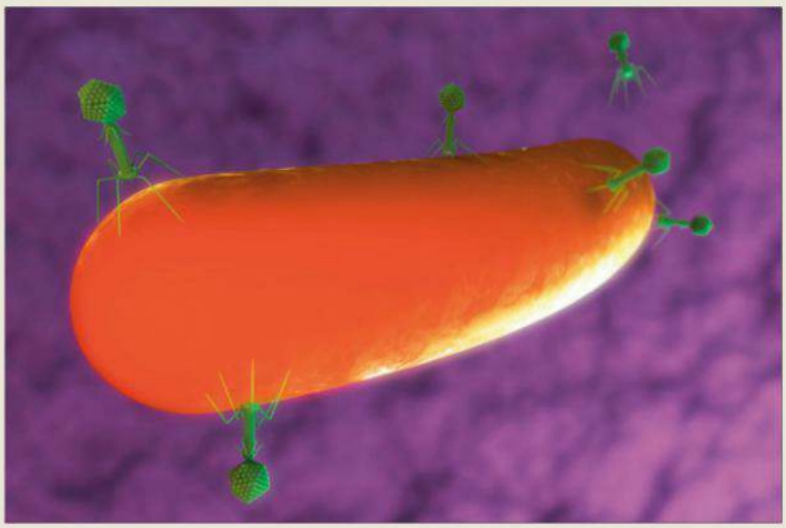
Pour identifier la substance à l'origine de cette cure de jouvence, les chercheurs ont réalisé une autre expérience : ils ont injecté aux rongeurs du plasma sanguin d'animaux jeunes, c'est-à-dire du sang débarrassé de ses globules rouges, blancs ou plaquettes. Les résultats furent là encore étonnants : les rongeurs qui avaient bénéficié de l'intraveineuse enregistraient de bien meilleurs résultats à des tests de mémoire et d'orientation. Les neurones ont donc été rajeunis par un ou plusieurs facteurs du plasma qui restent à identifier.

Très préliminaires, ces résultats ne doivent pas encourager à boire du sang humain : c'est en tout cas ce qu'a été contraint de préciser le service juridique du *New Scientist* après que l'hebdomadaire anglophone eut relayé avec enthousiasme ces expériences *via* Twitter. **S. R.-M**


MUSÉE DU QUAI BRANLY
là où dialoguent les cultures
CHEVEUX CHÉRIS
FRIVOLITÉS ET TROPHÉES
Exposition
18/09/12 - 14/07/13
www.quaibranly.fr
le Parisien
femina
SCIENCES AVENIR
PARIS PREMIÈRE
styles
GEO Ado
TROIS
aufeminin.com
inter
Fnac 0 892 684 694 (0,34 €/minute) www.fnac.com - Ticketnet 0 892 390 100 (0,34 €/minute) www.ticketnet.fr - Digitick 0 892 700 840 (0,34 €/minute) www.digitick.com
Tête réduite © musée du quai Branly, photo Cyril Zannettacci / Suzanne Cloutier © Ministère de la Culture - Médiathèque du Patrimoine, Dist. RMN, photo Sam Lévin

REVUE DE PRESSE SANTÉ

par le Dr Pierre Miquel



SPL/AGEFOTOSTOCK

Représentation de bactériophages (en vert) infectant une bactérie.

DERMATOLOGIE

Les bactériophages pourraient traiter l'acné

La flore cutanée héberge à l'état normal certains micro-organismes, parmi lesquels on trouve *Propionibacterium acnes*, une bactérie favorisant l'inflammation des follicules pilo-sébacés, ces petites glandes en forme de sacs, observée dans l'acné. Or *P. acnes* peut être colonisé par certains virus n'infectant que des bactéries et connus sous le nom de bactériophages (ou phages). Ils injectent leur matériel génétique dans la bactérie et sont alors capables de commander leur réplication qui ne s'interrompt qu'avec la destruction de la cellule hôte.

En étudiant la structure génétique des phages *P. acnes*, des chercheurs viennent de constater que cette population lui est spécifique. D'où l'idée de les utiliser comme traitement. La « phagothérapie » est en cours d'évaluation dans diverses maladies infectieuses. Des études cliniques sont toutefois nécessaires pour définir les modalités pratiques de cette approche pour les patients.

mBio, septembre/octobre 2012.

Le chiffre

► 5 ANS

C'est la diminution moyenne de l'espérance de vie pour ceux qui restent six heures par jour devant la télévision, comparativement à ceux qui ne la regardent jamais. Le modèle de durée de vie appliqué dans cette étude suggère que chaque heure passée devant le petit écran coûterait… 22 minutes de vie ! Regarder la télévision équivaudrait donc à l'absence d'activité physique ou au tabagisme.

British Journal of Sports Medicine, octobre 2012.

NEUROLOGIE

Les céphalées sentinelles peuvent annoncer le pire

La majorité des violents maux de tête sont bénins. Mais certains sont prémonitoires d'une affection grave, voire d'un décès. En dix ans, sur 500 céphalées ayant précédé une issue fatale, 55 ont été analysées après exclusion de celles liés à un traumatisme crânien ou à une atteinte cérébrale préexistante. Six fois sur dix, la céphalée sentinelle annonce un accident vasculaire, dans 17 % des cas une tumeur cérébrale et dans 6 % des cas une méningite.

Cephalalgia, octobre 2012.

CANCÉROLOGIE

Un « immunoscore » pour mieux classer les cancers

Imaginé par des équipes de l'Inserm (Jérôme Galon, Franck Pagès), l'immunoscore permet de mieux prédire le pronostic de certains cancers, dont celui du côlon, et la réponse au traitement. Ce score indique un risque de récidives d'autant plus faible que le taux de certains lymphocytes (CD8) est plus élevé au niveau de la tumeur. Les résultats de sa validation, en cours chez 6000 patients, sont attendus en fin d'année.

Medscape, 24 septembre 2012/Journal of Translational Medicine, janvier 2012.

MÉDECINE DU SPORT

Le volley-ball est mauvais pour les doigts

Les joueurs professionnels de volley-ball ont un risque important et méconnu d'ischémie digitale. Ces phénomènes d'occlusion vasculaire des extrémités se traduisent par des sensations de froid avec pâleur de la main dominante. Ils toucheraient près de 12 % des athlètes après un entraînement, et jusqu'à 27 % après une compétition selon une étude menée auprès de 100 professionnels. Le bilan vasculaire montre que l'origine des troubles se situe au niveau de l'épaule et résulte de lésions des artères axillaires. En cause, surtout les services smashés et les frappes d'attaque.

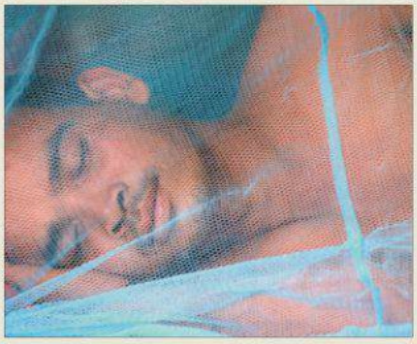
Medscape/Reuters News, 7 septembre 2012.

MALADIES TROPICALES

Paludisme : l'anophèle pique plus tard

On savait que les moustiques vecteurs du paludisme préféraient attendre la nuit pour piquer leurs victimes. D'où l'intérêt des moustiquaires imprégnées d'insecticides comme outils de prévention. Or, depuis trois ans, *Anopheles funestus*, l'un des vecteurs les plus fréquents en Afrique, a modifié ses habitudes et son comportement. Au lieu de piquer entre 2 et 3 heures du matin à l'intérieur des habitations, il sévit plus tardivement, vers 5 heures, et en extérieur, quand les gens commencent à sortir travailler. Une modification adaptative qui ne peut qu'inquiéter.

Journal of Infectious Diseases, 21 septembre 2012.



AFP/T. C. SOTHY

Faites votre don en ligne sur **www.restosducoeur.org/dons**
ou envoyez votre chèque sous enveloppe **non affranchie**

PENSEZ-Y

- **30 €** équivalent à un repas quotidien pour une personne pendant 1 mois
- **90 €** assurent un repas quotidien pour une personne durant l'hiver
- **180 €** aident une maman et son bébé durant tout l'hiver
- **521 €** aident une famille tout l'hiver

LOI COLUCHE

Les dons des particuliers aux Restos du Cœur bénéficient d'une **réduction d'impôt de 75% jusqu'à 521 €**

Coupon à compléter et envoyer sous enveloppe non affranchie à :
Les Restaurants du Cœur, Libre réponse n° 83077, 92889 Nanterre Cedex 9

☐ M ☐ Mme ☐ Mlle

Prénom : ..... Nom : .....

Adresse : .....

Code Postal : ..... Ville : .....

Email : .....

☐ Je demande à recevoir mon reçu fiscal par mail
☐ Je ne souhaite pas recevoir d'informations des Restos du Cœur sur mon adresse mail
☐ Je souhaite recevoir la documentation « Legs, donation et assurance-vie »

P2804

Les informations receuillies sont nécessaires pour le suivi de votre don. Elles sont enregistrées sous forme informatique. En application des articles 39 et suivants de la loi de 6 janvier 1978 modifiée relative à l'informaion et aux libertés (CNIL), vous bénéficiez d'un droit d'accès, de suppression et de rectification des informations qui vous concernent. Il vous suffit pour celà de contacter notre service Donateurs à l'adresse suivante : service.donateurs@restosducoeur.org Les Restaurants du Cœur ne pratiquent ni l'achat, ni la vente, ni l'échange de fichiers.

AGRÉÉE PAR
COMITÉ DE LA CHARTE
don en confiance

Le miel peut-il être utilisé

Cette substance naturelle au fort pouvoir sucrant était reconnue par la pharmacopée ancienne pour ses propriétés antibactériennes et cicatrisantes. De récentes études confirment ces vertus curatives.

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

Matière sirupeuse et ambrée, le miel a été, de l'Antiquité jusqu'à la généralisation du sucre, de canne puis de betterave, au XIXe siècle, consommé pour son pouvoir sucrant mais aussi pour ses propriétés thérapeutiques. Hippocrate, le médecin le plus célèbre de la Grèce antique (IVe siècle avant J.-C.), le recommandait déjà. S'il est toujours resté un mets de choix, en revanche, du point de vue médical, il a souvent été relégué au rang de remède populaire. Mais, depuis quelque temps, ses propriétés antibactériennes et antiseptiques lui valent un regain d'intérêt de la part de la médecine.

Toutefois, sa traçabilité et la garantie de sa qualité à l'échelle européenne est jugée insuffisante par certains professionnels du secteur. Les contraintes d'étiquetage se limitent en effet à la mention de l'origine « européenne » ou « extra-européenne ». De même, les mélanges entre miels d'origine français et étrangère sont autorisés, sans obligation de préciser la proportion de chacun. Un manque de clarté qui inquiète les associations de consommateurs alors que certains de ces pays sont producteurs d'OGM – dont les effets sur la santé sont très controversés *(lire* S. et A. *n° 789, novembre 2012)* – et que leurs méthodes d'extraction et de conservation ne sont pas toujours garantes d'une qualité optimale. *« Il s'agit pourtant d'un aliment fragile à toutes les étapes de sa production,* prévient Catherine Ballot-Flurin, l'une des premières à s'être lancée dans la filière du miel bio. *Il doit être récolté au bon moment, sans répulsif chimique ni procédé de déshumidification artificielle, ne pas être chauffé à plus de 35 °C ni exposé trop longtemps à la lumière. »*

40 000 tonnes

Soit la quantité de miel consommée en un an en France. La production hexagonale ne s'élevant qu'à environ 15 000 à 22 000 t par an selon les années, le miel est massivement importé de pays extracommunautaires, Argentine et Chine en tête.

Ils sont aussi divers que les espèces florales butinées par les abeilles. Plus de 100 plantes à fleurs produisent des miels à travers le monde (1). Mais ceux-ci sont aussi tributaires de la richesse et de la nature des sols qui influent sur la composition de la sève, de la météorologie et des autres insectes butineurs. La coloration des miels témoigne de la diversité de leur composition. Les jaunes (tournesol, colza, pissenlit) doivent leur robe aux nombreux flavonoïdes, des pigments naturels aux propriétés antioxydantes, qu'ils contiennent, tandis que les foncés (sapin, chêne, metcalfa ou tilleul), qualifiés de miellats *(voir le lexique)*, sont plus riches en sels minéraux et en oligo-éléments.

comme antiseptique ?

Tous les miels ne sont pas comestibles. Certains sont notoirement mauvais, au goût amer et à l'odeur nauséabonde (miel de chardon teinturier), d'autres toxiques. Il s'agit notamment de ceux élaborés à partir de certaines espèces de rhododendron, d'azalées ou de kalmias d'Asie mineure, qui produisent des nectars contenant des doses parfois élevées d'andrométoxine, un poison provoquant un syndrome muscarinique. Des cas d'intoxication sévère ont été signalés en Turquie en 2002 (2), et au Japon en 2010, suite à l'ingestion de miel sauvage provenant du Népal.

Il est antibactérien en raison de sa pauvreté en eau et sa richesse en sucres. Le miel est fabriqué à partir du nectar des plantes, qui constitue la principale nourriture des abeilles et est composé à 50 % d'eau. Il ne peut être conservé sans fermentation. Ainsi, grâce à la trophallaxie effectuée dans la ruche, le nectar est déshumidifié et devient le miel avec une teneur en eau de 17 % en moyenne (3). Cette faible humidité, associée à un fort taux de sucre, soit 95 à 99 % de la matière sèche, et à son pH acide (3,9 en moyenne) créent des conditions inadaptées à la croissance des bactéries. Son caractère antiseptique est également lié à la présence de protéines, appelées inhibines. Celles-ci stoppent la prolifération des bactéries, et activent d'autres protéines, les défensines, qui renforcent l'immunité (4). Il est notamment employé en traitement adjuvant pour lutter contre les ulcères de l'estomac dus à *Helicobacter pylori* (5).

Ses enzymes lui confèrent des propriétés cicatrisantes, grâce aux réactions chimiques qui se produisent lors de la trophallaxie, le miel acquérant ainsi une richesse enzymatique. La glucose-oxydase, enzyme sécrétée par l'abeille, transforme en effet une partie du glucose du miel en peroxyde d'hydrogène, plus communément appelé eau oxygénée, qui détermine le pH acide du miel, hostile aux bactéries, et stimule la revascularisation des plaies et la formation de tissus, nécessaires à la cicatrisation (6). Ces propriétés expliquent l'emploi du miel dans certains services hospitaliers afin de faciliter la cicatrisation des tissus. Il est également utilisé plus communément pour lutter contre le mal de gorge.

Il est déconseillé aux diabétiques en raison de son fort taux de sucres. La matière sèche du miel est en effet constituée de 95 à 99 % d'une douzaine de glucides dont en moyenne 38 % de fructose et 31 % de glucose, deux sucres prédigérés par l'abeille (3). L'organisme fournit donc moins d'effort pour les digérer et ces sucres dits simples passent rapidement dans le sang, provoquant une augmentation brutale du taux de glucose.

Les produits de la ruche ne sont pas une panacée. Malgré leurs propriétés anti-infectieuses et leur action présumée bénéfique sur le système immunitaire, certains de leurs usages restent très controversés. Si un livre témoignage (7) a récemment fait état de la guérison d'une sclérose en plaques attribuée à l'apipuncture, c'est-à-dire l'acupuncture associée à du venin d'abeille, les données sur l'efficacité de cette méthode reposent presque uniquement sur des preuves anecdotiques. Aucune étude scientifique n'a démontré ses effets thérapeutiques de façon probante.

DR ALBERT BECKER Président de l'Association francophone d'apithérapie

Un pansement intelligent

« Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel en font un produit très intéressant en usage externe, en tant que « pansement ». De nombreux travaux médicaux montrent qu'il est efficace et sûr pour soigner les plaies, mais également un bon moyen de lutter contre les germes résistant aux antibiotiques. Une étude néerlandaise* a fait état de la destruction de bactéries multirésistantes aux antibiotiques par l'ajout de 10 à 20 % de miel à leur milieu de culture. Si appliquer chez soi un miel adapté sur de petites plaies peut être envisagé, il faut consulter en cas d'absence d'amélioration ou pour des lésions supérieures à un centimètre. »

* Paulus H. S. et col. « How honey kills bacteria ». *Faseb* 2010 24: 2576-2582.

LEXIQUE

MIELLAT : substance provenant des déjections de pucerons et que les abeilles butinent. Elles la transforment, tout comme le nectar, en miel appelé également miellat. Ces pucerons se nourrissent en effet de la sève des sapins, chênes… et excrètent une traînée noire sucrée et riche en minéraux qui se fixe sous forme de gouttelettes sur les feuilles.

SYNDROME MUSCARINIQUE : intoxication qui entraîne sueurs, gastro-entérite, ralentissement du cœur, convulsions, dépression respiratoire, coma.

TROPHALLAXIE : opération par laquelle les abeilles régurgitent le nectar contenu dans leur second estomac afin de se le passer entre elles, ce qui le déshumidifie.

(1) *Le Miel*, François Danrigal, Claude Huyghens, Nathan, 1989. (2) Dilber E. et al., « A Case of Mad Honey Poisoning Presenting with Convulsion: Intoxication Instead of Alternative Therapy Turk ». *J. Med. Sci.* 2002. (3) *Le Miel : composition, propriétés, conservation*, Michel Gonet, Inra, 1982. (4) Noori S. Al-Waili et coll., « Honey and Microbial Infections: A Review Supporting the Use of Honey for Microbial Control ». *J. of Medicinal Food* 2011 1-18, august 22, 2011. (5) Molan P. C., « Re-introducing honey in the management of wounds and ulcers - theory and practice » *Ostomy/Wound Manag.*, vol. 48, 2002. (6) Tovey F., « Le miel et le sucre comme pansements pour les plaies et les ulcères ». *Editorial Tropical Doctor*, 30: 1, 2000. (7) *Les abeilles ont guéri ma sclérose en plaques*. Ed. Francois-Xavier de Guibert, juillet 2012.

Manuela Carneiro da Cunha, anthropologue

“Il est salutaire de se frotter à d’autres visions du monde”

La chercheuse brésilienne appelle à la mise en place de collaborations basées sur la confiance entre scientifiques et populations afin de bénéficier de leurs savoirs.

MANUELA CARNEIRO DA CUNHA est professeure d’anthropologie à l’université de São Paulo, au Brésil, après avoir occupé le même poste à l’université de Chicago de 1994 à 2009. Membre de l’Académie brésilienne des sciences, elle est aussi titulaire de la chaire annuelle (2011-2012) « Savoirs contre pauvreté » au Collège de France, à Paris. Ses travaux pionniers portent sur l’ethnologie amazonienne, sur les savoirs traditionnels et les droits intellectuels. Depuis 1978, elle prend une part active dans la défense des droits des populations traditionnelles.

L’importance de ce que l’on nomme les « savoirs autochtones » a été reconnue pour la première fois il y a vingt ans. Où en est-on aujourd’hui ?

Ces « savoirs autochtones » ne se résument pas à des ressources biologiques ou à des pratiques héritées au cours du temps, par exemple l’utilisation d’une plante particulière pour soigner des problèmes oculaires. Ce sont surtout des systèmes diversifiés et complexes d’acquisition de ces savoirs. Autrement dit, il s’agit d’une autre vision du monde.

Pendant des siècles, ces savoirs ont été dévalorisés, voire anéantis, sous la pression de la colonisation, de l’évangélisation ou de la modernisation. En leur conférant une importance inédite, l’article 8J (*lire Repères p. 48)* de la convention de Rio de Janeiro en 1992 a effectivement servi de formidable levier aux populations autochtones pour les faire reconnaître. Pour la première fois, les ressources génétiques, qui étaient considérées comme faisant partie du domaine public, sont passées sous la souveraineté des Etats. Cela a mis fin à une injustice flagrante car les bénéfices qui en étaient retirés (médicaments, pesticides…), par les grandes multinationales notamment, étaient considérés jusqu’alors comme propriété privée. Pourtant, le moins que l’on puisse dire est que les résultats laissent à désirer.

Pour quelles raisons ?

On s’est figuré à l’époque, dans un esprit très libéral, que le marché allait se réguler de lui-même. On s’est alors contenté de donner de grands espoirs aux populations locales en leur faisant miroiter d’importants revenus, surtout concernant les retombées de la mise au point de molécules ou de substances à activité biologique issues de l’exploitation de leurs richesses naturelles. Or, dans la plupart des pays concernés, les femmes et les hommes employés sur place se sont en réalité retrouvés transformés en gardiens de la biodiversité pour contrer la biopiraterie, plutôt qu’en réels bénéficiaires d’une manne financière. Il a ainsi fallu attendre dix-huit ans pour que soit enfin relancée l’idée d’un véritable partage équitable des bénéfices lors de la réunion de Nagoya, au Japon, en 2010. Un partage qui ne serait d’ailleurs pas uniquement financier, mais engloberait également des transferts de technologie. Ce dont nous sommes encore loin.

Les nations concernées n’ont-elles pas pourtant mis en place une législation spécifique pour protéger leurs ressources ?

Les gouvernements des pays dits mégadivers, c’est-à-dire ceux possédant une très riche biodiversité, se sont effectivement regroupés pour protéger leurs savoirs traditionnels. Mais les discussions achoppent. Ils tentent ainsi depuis de nombreuses années de convaincre l’Organisation mondiale du commerce (OMC), qui régit les échanges internationaux, de l’intérêt de la traçabilité. L’idée maîtresse serait de rendre obligatoire, lors de tout dépôt de brevet dans n’importe quel pays du monde, l’établissement de la liste des savoir-faire locaux ou des ressources naturelles ou génétiques ayant rendu possible son élaboration. L’industriel devrait aussi être en mesure de démontrer que l’accès à ces ressources a bien suivi les procédures légales. Autant dire que, jusqu’à maintenant, les multinationales ne veulent pas en entendre parler ! Pas plus que les pays industrialisés d’ailleurs, dont les Etats-Unis qui font pourtant partie des pays mégadivers. La lutte est inégale. D’un côté se trouve la grande institution qui s’occupe de la biodiversité mondiale, l’ONU, surnommée *« celle qui n’a pas de dents »* en raison de son manque de réactivité. De l’autre, l’OMC dont les sanctions sont fortes et immédiates. Les nations qui dominent l’OMC, comme les Etats-Unis, sont celles… qui n’ont jamais ratifié la convention sur la diversité biologique. Pour parachever le tout, les populations autochtones n’ont pas le même statut dans chaque pays.

La conscience des apports potentiels des savoirs autochtones s’est pourtant grandement élargie…

En effet, les contributions de ces savoirs autochtones sont très demandées dans des domaines aussi divers que les stratégies de prévision et de diminution des effets du changement climatique, ou dans celui de la conservation grâce à la diversité des plantes cultivées. Le Groupe d’experts intergouvernemental sur le changement climatique (Giec) cherche d’ailleurs à incorporer ces savoirs dans son prochain rapport en 2014. De même, le traité des ressources phyto-génétiques de la FAO (Organisation des Nations unies pour l’alimentation et l’agriculture), qui date de 2001, appelle à la conservation *in situ* des plantes cultivées. ●●●

> « Efforts traditionnels de conservation et préoccupations économiques font rarement bon ménage »

●●● **Peut-on donc cependant estimer que la collaboration avec les populations autochtones a fait des progrès localement ?**
Oui, mais de nombreux malentendus demeurent néanmoins. Peuples autochtones, ONG, Etats et scientifiques ont des stratégies et des visions parfois radicalement différentes. Sur le terrain, force est de constater que les scientifiques, biologistes ou écologistes ont souvent tendance à utiliser les populations autochtones comme de simples sources d'informations qui ne peuvent pas comprendre la portée véritable des recherches menées. Résultat : les connaissances, jusque-là partagées entre différents individus dans les communautés locales, se transforment souvent en savoirs réservés à quelques-uns. De plus, quand on commence à dire aux sociétés autochtones qu'elles devront attendre des années avant d'espérer toucher un quelconque bénéfice, leurs espoirs s'effondrent. Elles ont du mal à accepter qu'il puisse s'écouler une décennie entre les phases de tests d'un médicament par un groupe pharmaceutique, par exemple, et son autorisation de mise sur le marché.

Vous évoquez également des problèmes juridiques qui surviennent dans la mise en place de partenariats équitables…
Absolument. Prenons l'exemple du Brésil, où la loi impose désormais l'établissement d'un protocole d'accord entre toutes les parties avant de démarrer une recherche. Doit être détaillé ce qui va être fait, ou ce que l'on espère en tirer. Or, s'il existe des représentants légaux côté industrie, il n'existe pas vraiment de mandataire côté autochtone car, dans une communauté traditionnelle, et contrairement à ce que l'on pourrait penser, le chef n'a aucune légitimité pour parler au nom de l'ensemble des membres de la société. Certaines conventions ont ainsi provoqué des conflits à l'intérieur même d'ethnies. De plus, ces conventions ne sont pas toujours parvenues à protéger certains chercheurs contre l'accusation de biopiraterie. Efforts traditionnels de conservation et préoccupations économiques font rarement bon ménage. Toutes ces questions engendrent des effets pervers. Ainsi, au Brésil, la plupart des scientifiques fuient désormais les zones où se trouvent des populations indigènes, et préfèrent mener leurs recherches dans des parcs nationaux ou sur des propriétés privées. Cependant, par ce choix, ils se privent des savoirs traditionnels liés aux communautés. Ils se retrouvent isolés, face aux seules ressources biologiques…

Pouvez-vous nous donner un exemple précis de ces dysfonctionnements ?
Un cas d'école a eu lieu au Brésil en 2003. Les Indiens Katukina, qui vivent dans l'Etat de l'Acre, dans l'ouest de

REPÈRES

LES PAYS MÉGADIVERS : il s'agit d'un groupe d'Etats considérés comme les plus riches de la planète en matière de diversité biologique. Le Centre de surveillance de la conservation de la nature (UNEP-WCMC), une agence du programme des Nations unies pour l'environnement, en a identifié 17. La plupart se situent dans les zones tropicales : Afrique du Sud, Brésil, Colombie, Equateur, Mexique, Pérou, Inde, Indonésie, Madagascar, Malaisie, Australie, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Philippines, Etats-Unis, République démocratique du Congo et Chine (Taïwan inclus).

CONVENTION DE RIO DE JANEIRO : en juin 1992, la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement s'est tenue à Rio de Janeiro (Brésil), réunissant 118 pays. Connue sous le nom de Sommet de la Terre, cette convention s'est fixé parmi ses objectifs la conservation de la diversité biologique et des bénéfices découlant de l'exploitation des ressources génétiques, en adoptant 27 textes fondateurs. Le sommet Rio+20 a eu lieu en juin, au Brésil.

L'ARTICLE « 8J » DE LA CONVENTION DE RIO : il stipule que l'Etat signataire *« sous réserve des dispositions de sa législation nationale, respecte, préserve et maintient les connaissances, innovations et pratiques des communautés autochtones et locales qui incarnent des modes de vie traditionnels présentant un intérêt pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et en favorise l'application sur une plus grande échelle, avec l'accord et la participation des dépositaires de ces connaissances, innovations et pratiques et encourage le partage équitable des avantages découlant de l'utilisation de ces connaissances, innovations et pratiques. »*

CONVENTION DE NAGOYA : du 18 au 29 octobre 2010, une conférence des Nations unies sur la biodiversité s'est tenue à Nagoya, au Japon. Parmi les grands thèmes abordés, ont été discutés un meilleur accès aux ressources génétiques et un partage plus équitable des avantages issus de leur utilisation pour lutter contre la biopiraterie.

l'Amazonie, et dont la population compte moins de 600 individus, avaient sollicité l'intervention de Marina Silva, alors ministre de l'Environnement, afin d'être protégés d'un cas de piratage. Il concernait l'usage du *kampo**, un amphibien arboricole (*Phyllomedusa bicolor*), dont les Indiens chasseurs prélèvent les sécrétions pour des applications cutanées, lesquelles annihileraient la sensation de faim et de fatigue tout en développant l'acuité visuelle. Or le *kampo* connaissait alors un grand succès dans des utilisations thérapeutiques *New Age*, sous l'appellation «jus de grenouille verte» ou *sapo-verde*, et s'était répandu dans toutes les villes brésiliennes, entraînant la protestation des Indiens.

Les autorités ont voulu se saisir de ce cas emblématique. Le ministère de l'Environnement a donc tenté de mettre en place une chaîne de production industrielle reconnaissant l'apport des connaissances autochtones et aboutissant à une répartition équitable des bénéfices. Mais ce beau projet a échoué malgré tous les relais nécessaires. Les scientifiques impliqués ont refusé, pour des raisons diverses, de reconnaître aux Indiens leur apport intellectuel.

Comment expliquer ces attitudes ?

D'un côté, les chercheurs pensent souvent que ces « Autres », en quelque sorte, fournissent des informations, mais pas véritablement de la connaissance ; et que seules leurs méthodes scientifiques valident ces savoirs et leur confèrent leur véritable portée. De leur côté, les populations traditionnelles, en raison du souvenir de l'exploitation auxquelles elles ont été soumises par le passé, ont tendance à se méfier des chercheurs.

Selon vous, comment les choses devraient-elles fonctionner ?

Il faut innover. L'idée serait de parvenir à former de véritables réseaux de collaboration entre les scientifiques et les populations autochtones. Des systèmes basés sur un réel rapport de confiance, à l'exemple de ce qui se fait actuellement en Australie, dans le Territoire du Nord. Les Aborigènes qui vivent sur le plateau d'Arnhem y possèdent en effet des techniques de confinement des incendies très efficaces.

Depuis 2005, pour étudier ces techniques, la mise en place d'une convention a permis d'associer une coalition d'organisations aborigènes aux chercheurs de deux universités australiennes. Par ce biais, le transfert des informations s'est fait de façon très équilibrée, et dans le respect des savoirs. Ce programme a d'ailleurs reçu le soutien de l'Université des Nations unies, dont le siège est à Tokyo. Cet institut de recherches avancées mène en effet d'importants programmes sur les savoirs traditionnels. Face au succès enregistré, ce programme australien de contention des incendies va d'ailleurs être élargi et exporté à d'autres pays de savanes (Tanzanie, Kenya, Brésil, Bolivie, Equateur, Venezuela, etc.).

Cette année est aussi celle du 50e anniversaire de *La Pensée sauvage*, de Claude Lévi-Strauss. Le Brésil ayant tenu une place prépondérante dans la vie du célèbre anthropologue, qu'en est-il aujourd'hui de son œuvre ?

Au Brésil, la pensée de Claude Lévi-Strauss n'a jamais cessé d'être présente. Une pensée qui prend d'ailleurs forme dans la pensée indienne. Il n'est pas impossible que Lévi-Strauss et les peuples indiens du Brésil aient été faits pour se comprendre. C'est-à-dire, pour reprendre une formule célèbre de l'ouverture de son livre *Le Cru et le Cuit*, que la pensée de Lévi-Strauss ait pris forme ou se soit reconnue dans la pensée mythique indienne autant que celle-ci a pris forme dans la sienne. Claude Lévi-Strauss a surtout montré l'importante qu'il y avait pour un anthropologue de se laisser guider par la pensée d'autrui.

Pourquoi est-il si important de protéger ces systèmes ?

Il est salutaire pour nos sociétés de se frotter à ces autres visions du monde. Attention, il ne faut pas se leurrer pour autant et s'imaginer que l'on va pénétrer ces autres systèmes ! C'est un mirage qu'entretiennent les adeptes du *New Age* dans leur façon d'aborder les savoirs ou sagesses des civilisations qu'ils souhaitent assimiler. Ce qui est impossible puisque nous sommes face à des « systèmes » entiers. Ces frottements nous permettent néanmoins de voir tous les angles morts de notre propre mécanique de pensée, en réalisant à quel point elle est historique, localisée et une parmi d'autres. En aucun cas, elle n'est unique.

Propos recueillis par Bernadette Arnaud
Photos : André Vieira/Picture Tank
pour Sciences et Avenir

* L'utilisation du *kampo* a été décrite dès les années 1920 par le missionnaire Constantin Tastevin.

MA BIBLIOTHÈQUE ÉGOÏSTE

« Enfant, j'étais déjà transportée par l'exotisme et la mythologie »

« Dans mon enfance, les romans d'Emilio Salgari, sorte d'équivalent italien de Jules Verne, ont été importants pour moi. En particulier, la série des *Sandokan*. Ces aventures, imprimées sur du mauvais papier et sans autre illustration qu'une couverture jaune criarde, se déroulent dans les forêts de Bornéo. Dans *Le Tigre de Malaisie*, mon préféré, le héros et ses fidèles Dayaks combattent une sinistre tribu d'étrangleurs, adorateurs de la déesse Kali. Un autre livre que je connaissais quasiment par cœur était un ouvrage à la couverture bleue intitulé *Les Dieux de l'Olympe*. En tête de chacun des chapitres, une illustration présentait chaque divinité antique, assortie d'un symbole : l'aigle pour Zeus ou Jupiter, le paon pour Héra ou Junon… Est-ce à dire que j'étais déjà transportée, de façon prémonitoire, par l'exotisme et la mythologie ? Bien des années plus tard, deux ouvrages m'ont fortement impressionnée : *La Pensée sauvage*, de Claude Lévi-Strauss (1962) que j'ai lu et relu avant de le comprendre. Et *Mythe et pensée chez les Grecs*, de Jean-Pierre Vernant (1965). Ce livre m'a ouvert bien des horizons et a été le point de départ d'une amitié très longue et très précieuse avec "*Jipé*", son auteur. »

BERNARD MARTINEZ

La menace des trous noirs errants

MEHAU KULYK / SPL / AFP - US ARMY SPC ERIC A RUTHERFOR - NASA / JPL - CALTECH / R HURT (SSC) - ESA / NASA

Le passage d'un trou noir à proximité de la Terre déclencherait une pluie de comètes dévastatrice (vue d'artiste).

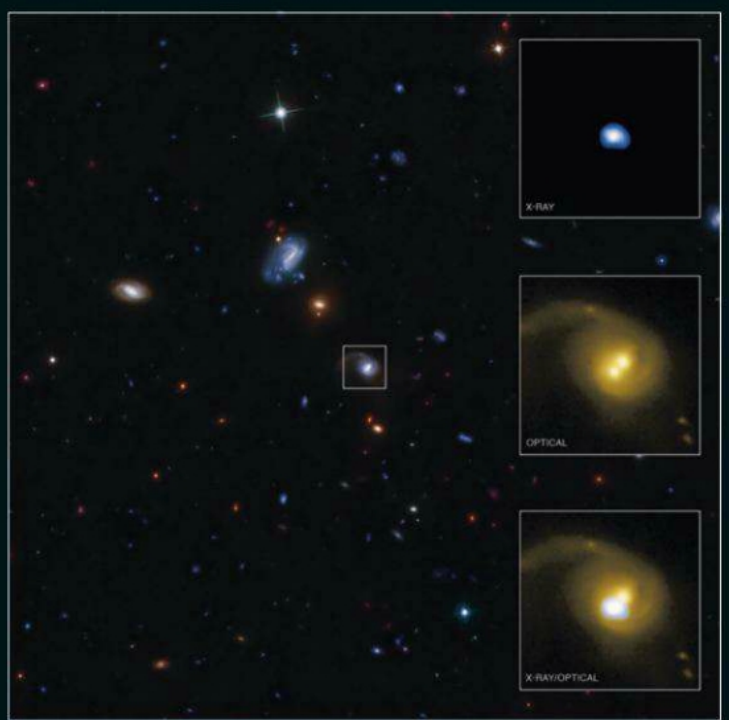
Des centaines de ces objets cosmiques redoutables rôderaient aux portes de notre galaxie… voire en son sein. Et si l'un d'eux s'approchait du système solaire ? Il pourrait anéantir toute vie sur Terre.

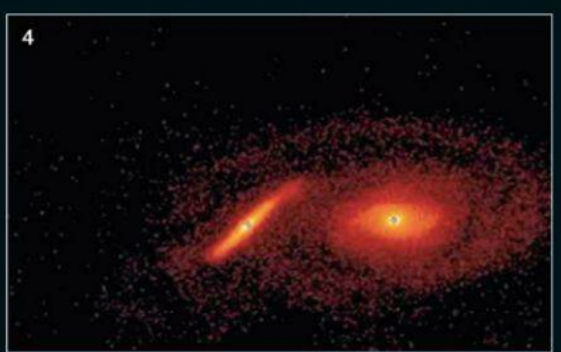
Dossier réalisé par Sylvie Rouat et Azar Khalatbari

Est-ce pour les yeux de Chimène que Cid-42 quitte avec tant de hâte sa galaxie ? Qui le saura ? Ce qui est certain, c'est que jamais on n'avait encore attrapé un trou noir supermassif *(voir le lexique p. 53)* en flagrant délit de fuite. Et cette scène, révélée pour la première fois par différents télescopes, pourrait se révéler extrêmement menaçante. Le fuyard, Cid-42 donc, est un trou noir de plusieurs millions de fois la masse du Soleil, situé à quelque 4 milliards d'années-lumière de nous. Il est actuellement éjecté de sa galaxie hôte à la vitesse fantastique de 5 millions de km/h. Lorsqu'il rejoindra le vide de l'espace intergalactique, où il ne trouvera plus rien à avaler, il deviendra parfaitement indétectable : par définition, le trou noir est invisible car rien ne peut en sortir, pas même la lumière. Seul son environnement proche, accéléré et échauffé à son approche, peut le trahir. Est-ce un cas unique, exceptionnel ? Ou d'autres monstres de ce genre ont-ils été déjà lâchés auparavant dans l'espace, frappant peut-être aux portes de la Voie lactée *(voir le lexique)*, prêts à en dévorer des pans entiers ? Là encore, rien ne permet de le dire… mais rien ne permet non plus de l'infirmer, surtout si l'on a envie de se faire peur en ces temps de « fin du monde » annoncée.

Revenons à Cid-42, premier trou noir supermassif errant connu à ce jour. Il a ●●●

Cid-42 : le premier trou noir pris en flagrant délit





●●● d'abord été repéré par l'astrophysicienne américaine Francesca Civano et son équipe du Centre d'astrophysique Harvard-Smithsonian, à Cambridge (Massachusetts) grâce au télescope spatial Hubble. Il se situe au sein de la galaxie CXOC J100043.1+020637. Observée dans le domaine visible, cette galaxie contient en son sein deux sources brillantes. Comme si elle possédait deux trous noirs géants. Certes, il est désormais établi que la quasi-totalité des galaxies abritent en leur cœur un trou noir géant, de plusieurs millions à plusieurs milliards de fois plus massifs que le Soleil. Ces trous noirs se sont peut-être formés après la naissance de la galaxie, par la fusion de groupes très denses d'étoiles et l'effondrement sur eux-mêmes de grands nuages de gaz.

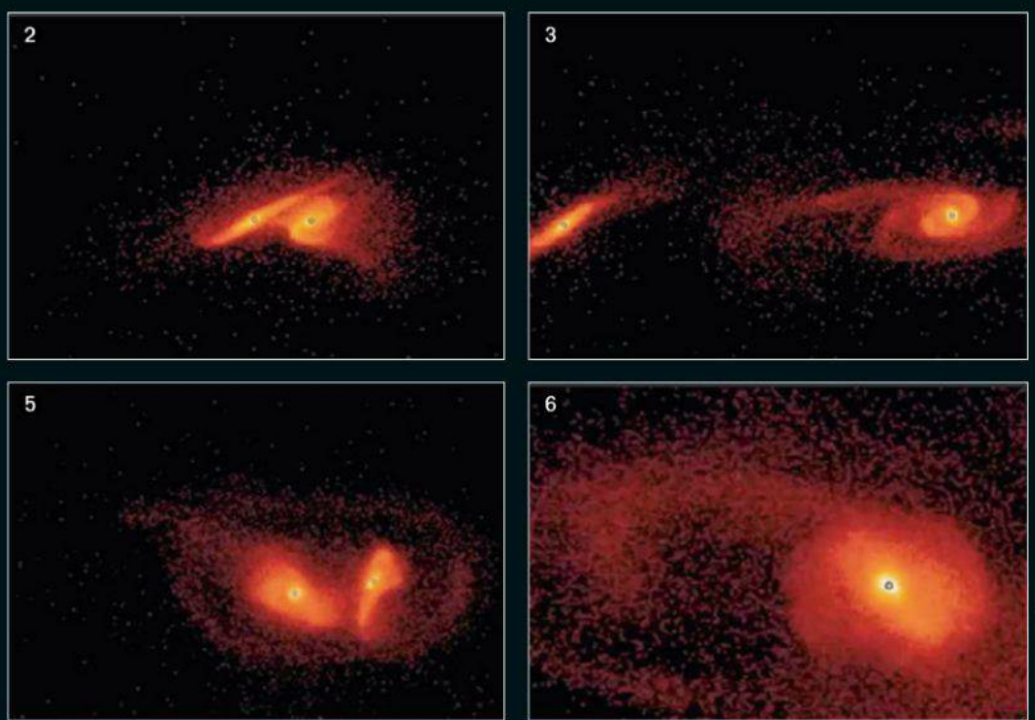
Une autre hypothèse met d'ailleurs en scène des trous noirs primordiaux, créés au début de l'Univers par l'effondrement de grumeaux de matière, qui auraient ensuite attiré autour d'eux des nuages de gaz et de poussières, ceux-ci donnant naissance aux étoiles. En d'autres termes, ces trous noirs auraient pu être le moteur de formation des galaxies. Mais deux trous noirs, tout de même ! Seule solution à cette énigme : cette galaxie n'est pas une, mais deux. Deux galaxies qui seraient entrées en collision pour ne plus en former qu'une. Un phénomène très courant dans l'Univers, notamment à ses débuts, lorsqu'il était plus petit, donc plus dense, et peuplé de galaxies naines. De collision en collision, sont ainsi nées les galaxies géantes que nous admirons aujourd'hui. Pour appuyer cette hypothèse, *« la galaxie de Cid-42 présente une traînée caractéristique résultant de la fusion récente de deux galaxies »*, explique Suzy Collin-Zahn, astrophysicienne à l'observatoire de Paris-Meudon. La collision serait donc en cours, et le destin de ces deux trous noirs, selon les modèles, serait de fusionner en un seul encore plus massif. Nous assisterions donc à une étape majeure de collision de galaxies, relativement inédite.

> Libéré de l'emprise gravitationnelle de sa galaxie, il atteint la vitesse de 2000 km/s

Sauf que la réalité se révèle plus complexe. Preuve en est les nouveaux indices, détectés récemment par l'observatoire spatial en rayons X Chandra de la Nasa. Ce dernier a photographié, au sein de la galaxie Cid-42, une source très brillante en rayons X : cela correspond sans nul doute à de la matière (gaz, poussières, étoiles) qui tourbillonne follement autour d'un trou noir. Celle-ci s'échauffe à mesure qu'elle s'approche de son horizon, c'est-à-dire la frontière marquant la limite au-delà de laquelle plus rien, pas même la lumière, ne peut réchapper à l'attirance gravitationnelle du trou noir et disparaître à jamais de l'Univers. Seule sa masse demeure, venant augmenter d'autant celle du trou noir. Résultat : plus un trou noir « dévore », plus il grossit. Or, l'observatoire spatial Chandra n'a repéré qu'une seule source X, très brillante, pas deux. Il a beau chercher, il ne trouve pas de trace de la deuxième source, pourtant découverte par les télescopes optiques. Le mystère s'épaissit… Les chercheurs se sont alors transformés en détectives et ont inspecté les spectres des deux sources pour s'apercevoir avec stupeur que l'une d'elles s'éloigne de l'autre, à la vitesse « décoiffante » d'environ 2000 km/s. Soit une vitesse suffisante pour se libérer de l'emprise gravitationnelle de sa galaxie. Cid-42 est bel et bien en train de s'échapper.

Et c'est ainsi que les astronomes ont mis au jour une histoire plus fantastique, plus inquiétante encore que ce qu'ils imaginaient.

de fuite



HST / CHANDRA / LAURA BLECHA

La galaxie (à gauche) qui abrite Cid-42 est située à 4 milliards d'années-lumière de la Terre. Vue au rayonnement X (carré du haut), on aperçoit une seule émission bleue. Mais dans le domaine optique (carré du milieu et du bas), deux sources brillantes sont visibles : le trou noir fuyard aurait-il abandonné sa troupe d'étoiles derrière lui ? Ci-contre, quelques vues de la simulation qui retrace l'histoire de cette galaxie. Cid-42 est le résultat d'une collision entre deux galaxies ❶ et ❷ qui s'éloignent ❸ avant d'entrer une deuxième fois en collision ❹ et ❺ pour ne former qu'une seule galaxie avec un trou noir unique ayant fusionné ❻. Le trou central a ensuite été éjecté, sans doute en raison des ondes gravitationnelles produites au moment de la fusion.

Ce nouveau scénario découle des calculs et des simulations de l'Américaine Laura Blecha *(lire ci-dessus)*, astronome à l'université Harvard, à Cambridge (Massachusetts). En effet, *« les simulations montrent que les deux trous noirs supermassifs ont sans doute fusionné*, explique Jean-Pierre Luminet, astrophysicien spécialiste des trous noirs à l'observatoire de Paris-Meudon. *Un tel événement, prédit la relativité générale, doit provoquer une forte émission d'ondes gravitationnelles, qui donnent une impulsion au nouveau trou noir. »* Comme un surfeur sur la vague, celui-ci glisserait alors sur ces ondes gravitationnelles. Or, ces ondes théoriques, qui font l'objet d'intenses recherches depuis plusieurs années, n'ont jamais été détectées directement. Ce serait-ce ici une première détection indirecte. *« Une autre hypothèse pourrait expliquer l'éjection de Cid-42*, avance le chercheur. *C'est l'effet bien connu de la "fronde gravitationnelle", que l'on utilise notamment pour donner de la vitesse aux sondes spatiales en les faisant tourner autour des planètes pour leur faire acquérir de la vitesse. La puissance gravitationnelle de l'un des deux trous noirs supermassifs a pu fournir une vitesse telle au second que cela l'aurait éjecté vers l'extérieur de la galaxie. »*

L'ennui, c'est que l'on ne trouve pas de traces en rayons X de ce deuxième trou noir. Serait-ce un trou noir anorexique ? S'il ne mange pas, en effet, il demeure invisible. Mais d'où viendrait alors la deuxième source optique ? L'explication est peut-être plus simple qu'il n'y paraît. *« Cette deuxième source lumineuse pourrait être l'amas d'étoiles qui entourait initialement le trou noir fusionné*, souligne Suzy Collin-Zahn. *Lorsque le trou noir s'est mis à dériver vers l'extérieur de la galaxie, cet anneau, lui, est resté en place. »* Immobile, apathique, celui-ci brille dans le domaine visible, mais pas dans le domaine X, faute de moteur énergétique en son sein. L'enquête continue. Mais une étude, publiée en juin dans l'*Astrophysical Journal* par Laura Blecha et son équipe, avance une autre hypothèse. Peut-être cette collision de galaxies a-t-elle entraîné la rencontre de… trois trous noirs supermassifs ! L'interaction des uns et des autres aurait fini par éliminer le plus « léger » (le moins massif) des trois. Dure loi du cosmos. Reste à comprendre pourquoi ces deux autres trous noirs supermassifs demeurent si silencieux en rayons X… Le mystère reste entier.

Dans tous les cas, nous voici en présence du premier trou noir supermassif ●●●

LEXIQUE

TROU NOIR SUPERMASSIF : Il s'agit d'une région de l'Univers en effondrement gravitationnel, dont le champ de gravitation est si intense que rien, pas même la lumière, ne peut sortir. Toutes les grandes galaxies abriteraient en leur cœur un tel trou noir.

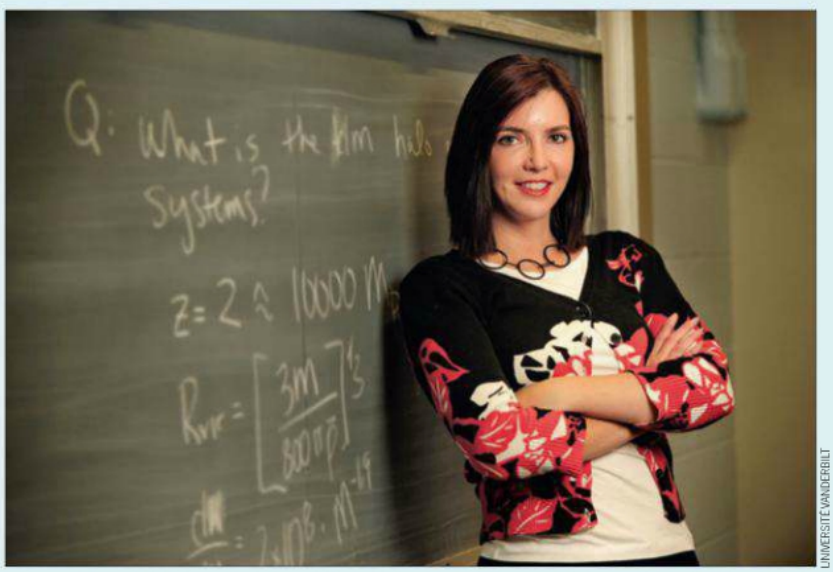
TROU NOIR STELLAIRE : Les étoiles les plus massives deviennent instables en fin de vie, lorsque la fusion nucléaire en leur cœur ne fournit plus assez de pression radiative. Les couches extérieures sont éjectées en supernova, l'étoile s'effondre sur elle-même en trou noir sous l'effet de sa propre masse.

VOIE LACTÉE : Nom donné à notre galaxie (de *galaktos*, lait en grec) par les Grecs. Selon le mythe, cette traînée blanche qui traverse notre ciel (le plan galactique) serait des gouttes de lait tombées du sein d'Héra quand elle allaitait Héraclès.

ETOILES HYPERVÉLOCES : Ce sont des étoiles se déplaçant à des milliers de kilomètres par heure, propulsées par un effet de fronde gravitationnelle. La première a été découverte en 2005.

PORTRAIT **KELLY HOLLEY-BOCKELMANN** Astrophysicienne à l'université Vanderbilt, à Nashville (Etats-Unis)

« L'Univers poussé dans ce qu'il y a de plus extrême »



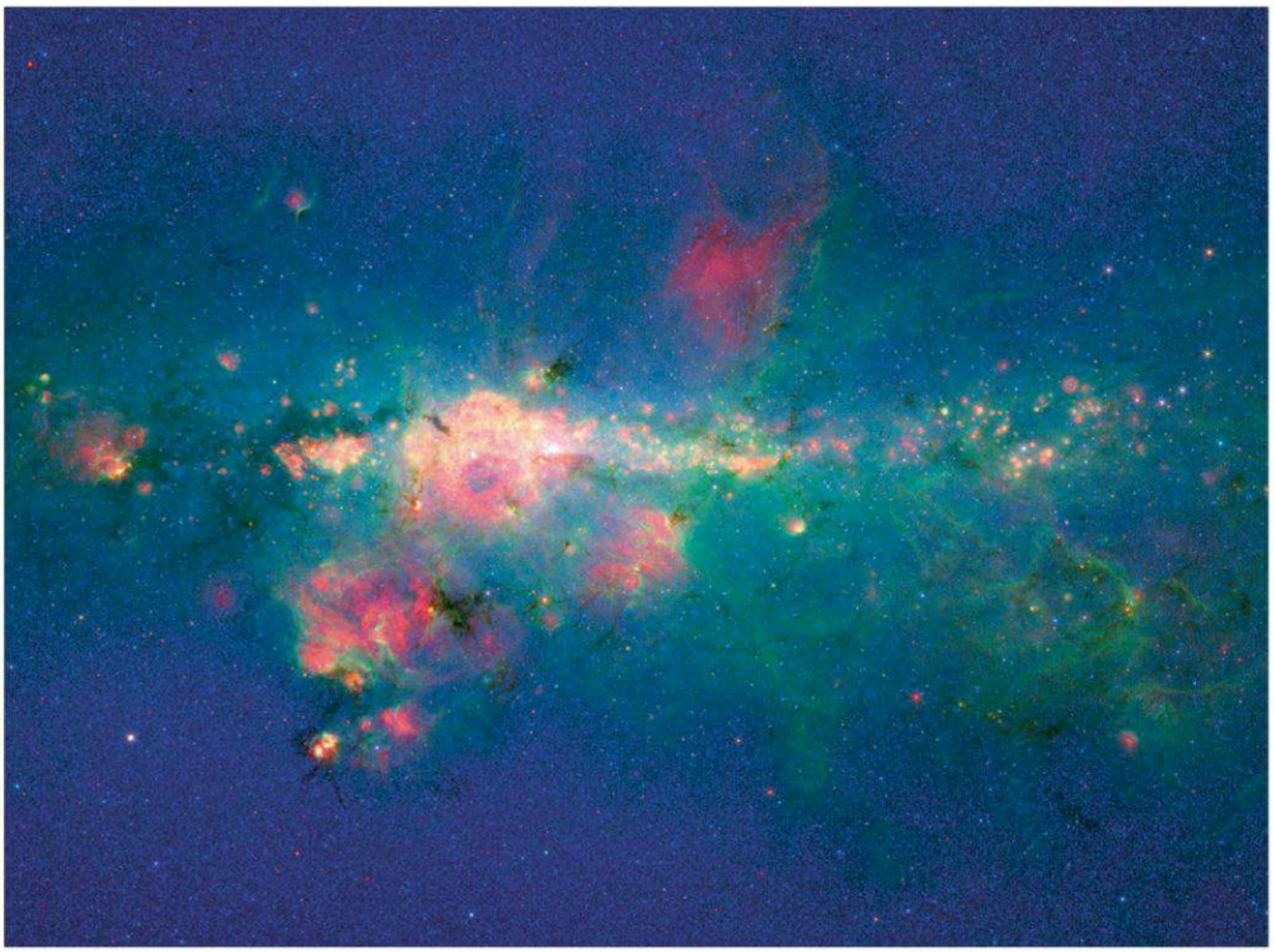
UNIVERSITÉ VANDERBILT

Kelly Holley-Bockelmann est une étoile filante dans l'univers très masculin de l'astrophysique théorique. En janvier, elle a présenté, à la réunion de l'American Astronomical Society (AAS) ses travaux récents qui prédisaient l'existence de trous noirs supermassifs errants. Quelques mois plus tard, des observations réalisées à l'aide du satellite Chandra lui ont donné raison. Un succès scientifique de plus pour cette jolie jeune femme qui, depuis l'enfance, a toujours aimé regarder les étoiles en songeant que quelqu'un, peut-être, dans une autre galaxie, la regardait au même moment. *« Mon intérêt pour l'astronomie a toujours été une partie de moi-même,* affirme-t-elle. *J'ai voulu être astronome avant même de savoir ce que ce mot signifiait. A la bibliothèque, je traînais toujours du côté des livres pour "grands" qui parlaient de planètes, de trous noirs. J'ai été une "geek" des sciences toute ma vie. »* Mais c'est dans le Montana, au gré des pérégrinations de sa famille, que l'élève douée va rencontrer celui qui deviendra son mentor : Jim Harkins. Le jour de la rentrée, ce professeur de physique voit débouler dans son bureau cette drôle de jeune fille qui lui déclare tout de go vouloir apprendre l'astrophysique. Problème : ce n'est pas au programme ! Qu'à cela ne tienne, ce professeur exceptionnel va créer au sein du lycée un cours indépendant, où Kelly et d'autres originaux de son acabit pourront approfondir les domaines de leur choix. Une porte vient de s'ouvrir. Kelly sort diplômée de physique de l'université du Montana en 1993. Mais à l'heure de poursuivre ses études, elle force à nouveau son destin. Où aller, en effet, lorsque l'on vient du fin fond des Rocheuses à une époque où Internet n'a pas encore investi les foyers ? La lecture d'un article sur les trous noirs lui montre le chemin : elle veut travailler sur ce sujet, avec l'auteur de l'article, et dans son laboratoire. En toute simplicité, elle lui envoie une lettre et, une fois encore, le culot paie : Douglas Richstone, titulaire de la chaire d'astronomie de l'université du Michigan, l'accueille. Elle en sort avec un doctorat en 1999. Elle est alors repérée par l'université Vanderbilt, à Nashville, dans le Tennessee, qui abrite le supercalculateur ACCRE (Advanced Computing Center for Research and Education), un outil formidable pour ses recherches théoriques sur les trous noirs qui demeurent pour elle un objet de fascination : *« les trous noirs sont l'Univers poussé dans ce qu'il a de plus extrême. Ils permettent de tester nos théories les plus fondamentales telles que la gravité. Ils sont si denses qu'ils déforment la trame de l'espace-temps au point que toutes les règles de physique qui régissent notre quotidien en sont chamboulées. C'est cool, non ? »*

●●● errant connu. Or, quelles que soient les hypothèses avancées pour expliquer son comportement, toutes sont finalement assez communes. Ce qui signifie qu'il devrait y avoir bien d'autres géants affamés qui vagabonderaient dans l'Univers ! Et peut-être même aux portes de la Voie lactée.

Si l'on n'a pas encore vu de traces de ces supermassifs dans notre galaxie, d'autres trous noirs errants, stellaires ceux-là, y ont déjà été repérés. Ainsi, il y a dix ans, Felix Mirabel, astrophysicien au Commissariat à l'énergie atomique (Saclay) a été le premier à découvrir l'un d'entre eux, accouplé à une grosse étoile, qui filait à la vitesse de 400 000 km/h ! En une heure, il aurait pu franchir sans encombre la distance Terre-Lune. Baptisé GRO-J1655-40, cette étrange source de rayons X a d'abord été détectée en 1995 dans la constellation du Scorpion. Six ans plus tard, Felix Mirabel reprend l'observation avec le télescope spatial Hubble et s'aperçoit avec surprise que l'astre n'est plus au même endroit : il se déplace à grande vitesse autour du centre galactique, franchissant plus de 3,5 milliards de kilomètres par an. Le chercheur a peu à peu reconstitué l'histoire de ce couple dramatique, persévérant dans sa relation délétère depuis environ un million d'années bien que le trou noir arrache régulièrement des lambeaux de matière à sa compagne stellaire. En reconstituant la trajectoire effectuée par les deux bolides, le chercheur est remonté à un amas d'étoiles jeunes et a pu ainsi reconstituer le début de l'idylle. Le couple, à l'époque, était constitué de deux étoiles, dont l'une – quatre fois plus massive que le Soleil – a finalement explosé en supernova. Le cataclysme a impulsé un mouvement au trou noir issu de la supernova, et jeté les deux pauvres hères sur les routes de la Voie lactée, intimement liés désormais par la puissance gravitationnelle du trou noir.

A la même époque, les astronomes ont découvert un autre trou noir (XTE J1118+480) errant, lui, dans le halo de la Voie lactée. Comme le précédent, ce trou noir de masse stellaire (né de la mort d'une étoile massive) semble survivre en compagnie d'une étoile, dont il tire de temps à autre un dîner en aspirant des lambeaux de gaz. Ce qui entraîne des flambées de rayonnements repérables. XTE J1118+480 n'est pas une menace pour la Terre, car il navigue bien au-dessus du plan galactique, dans lequel nous nous trouvons. Mais il est une preuve de plus qu'il existe bel et bien des trous noirs vagabonds au sein de la Galaxie. Et l'angoisse est soudain montée d'un cran en mai, lorsqu'une chercheuse américaine a annoncé sans ambages que ces derniers se compteraient par centaines !



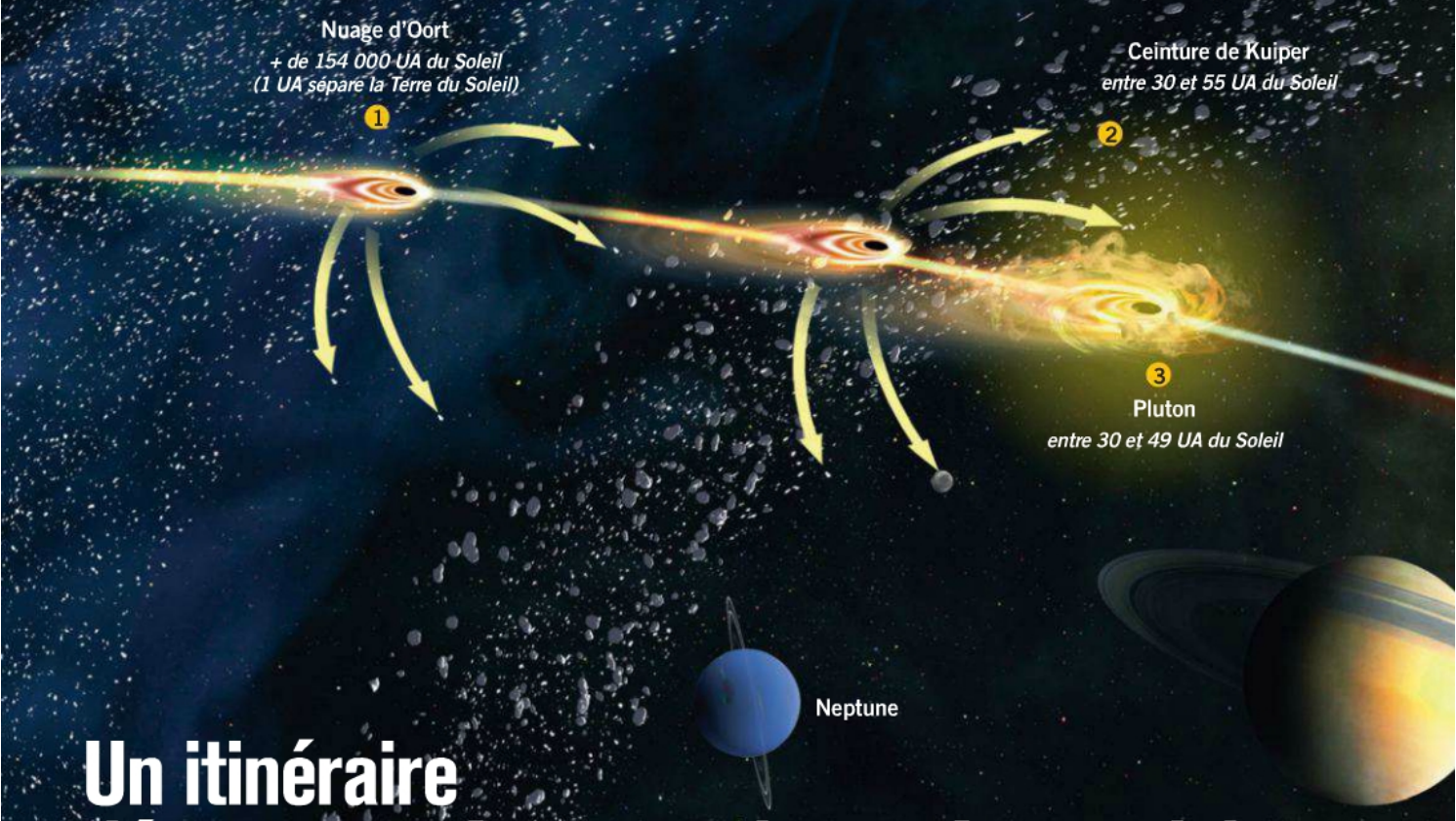
NASA / JPL-CALTECH / POTSDAM UNIVERSITÉ

Le centre de la Voie lactée vu par le télescope spatial Spitzer. Etoiles, nuages de gaz ou de poussières se concentrent autour du trou noir central.

Dans un article paru dans l'*Astronomical journal*, Kelly Holley-Bockelmann et son équipe, de l'université Vanderbilt à Nashville (Tennessee), ont examiné en réalité le cas des étoiles hypervéloces. Leur étude a permis d'identifier 677 astres brillants et rouges situés entre la Voie lactée et notre voisine, la galaxie d'Andromède. D'où viennent-ils ? Pour identifier l'origine géographique d'une étoile, des indices ne trompent pas, tels que leur métallicité, c'est-à-dire leur composition en éléments chimiques autres que l'hydrogène ou l'hélium. Une étoile dite de haute métallicité, souligne la chercheuse, indique ainsi qu'elle est née vers l'intérieur de la Galaxie. Les vieilles étoiles du halo – cette vaste région sphérique qui entoure la Galaxie –, devant, à l'inverse, montrer une faible métallicité. Or les 677 géantes rouges qui s'enfuient présentent une composition similaire à celles qui vivent dans le plan galactique (la sorte de crêpe dans laquelle les étoiles s'organisent en spirales). Cela signifie qu'elles habitaient jadis dans le centre-ville galactique, avant d'être exilées vers les faubourgs et de s'enfuir maintenant vers un autre monde. Quelle est la force qui a pu ainsi les expatrier si loin en leur impulsant une vitesse de plus de 2 millions de kilomètres par heure ? Qui est susceptible de posséder une telle énergie… sinon le trou noir central de la Voie lactée, connu sous le nom de Sagittarius A* ? Kelly Holley-Bockelmann émet une hypothèse : ces étoiles, qui se situaient initialement au cœur de la Galaxie, ont croisé sur leur trajectoire l'environnement du trou noir géant, dont la masse est estimée à 4 millions de masses solaires. Elles n'auraient pas été aspirées par lui, mais s'en seraient suffisamment approchées pour être entraînées dans une ronde folle autour de lui, qui, agissant comme une fronde, les a projetées avec force vers l'extérieur de la Voie lactée. Cet événement se serait produit il y a fort longtemps, car même en voyageant à grande vitesse, il faut quelque 10 millions d'années pour traverser les 50 000 années-lumière séparant le centre galactique de ses bords. *« Lorsque le trou noir central de la Galaxie a grossi, il y a quelques milliards d'années*, explique Suzy Collin-Zahn, *il a sans doute éjecté une partie des astres qui se trouvaient dans son entourage. Or, lorsque l'on sait que la moitié des étoiles forment des systèmes binaires, notamment avec des trous noirs, on peut imaginer qu'un grand nombre d'entre eux a pu être expédié un peu partout dans la Galaxie ! C'est une idée ancienne, qui traîne depuis dix à vingt ans dans la littérature scientifique, mais c'est la première fois qu'on a la preuve directe d'un exil stellaire. »* De même, une simulation calculée par Kelly Holley-Bockelmann a montré que lorsque deux trous noirs de différentes tailles ou orbitant à des vitesses *(Suite page 58)*

De nombreux géants affamés sont peut-être aux portes de notre galaxie

L'unité astronomique (UA) a été fixée en août 2012 à 149 597 870 700 m.



Un itinéraire dévastateur à travers le système solaire

Prenons l'exemple d'un trou noir d'environ dix fois la masse du Soleil pour un diamètre de quelque 30 km, lancé à la vitesse de 150 km/s. Son influence gravitationnelle serait ressentie par toute matière à moins de 30 000 km de lui et son parcours vers le Soleil déclencherait une série des catastrophes. (*Dans l'infographie ci-dessus, aucune distance entre les astres n'est respectée et les tailles respectives des astres sont approximatives.*)

1 Nuage d'Oort : éjection de comètes
Le nuage d'Oort entoure le système solaire d'une réserve de milliards de noyaux cométaires. En y pénétrant, le trou noir avalerait la matière proche de lui. Surtout, il provoquerait des perturbations qui désorbiteraient un grand nombre de ces comètes. Celles-ci se dirigeraient alors vers le Soleil, croisant nombre de planètes sur leur chemin.

2 Ceinture de Kuiper : planétoïdes désorbités
Au-delà de Neptune, s'étend un anneau de plus de 70 000 corps d'au moins 100 km de diamètre, dont des planètes naines de la taille de Pluton. Sur son passage, le trou noir avalera quelques corps et en éjectera d'autres, dont des comètes à nouveau. Les petites planètes propulsées vers l'intérieur du système solaire seront sans doute captées par les planètes géantes rencontrées sur leur chemin, devenant de nouvelles lunes. Mais si l'un de ces gros corps se dirige droit vers la Terre, la catastrophe qui a mis fin au règne des dinosaures, il y a 65 millions d'années, pourrait bien se reproduire.

3 Pluton avalée
Si Pluton et sa lune Charon se trouvent par malchance sur la trajectoire du trou noir, leur sort est scellé. Elles se mettront en orbite autour de lui, puis peu à peu leur matière sera arrachée, disloquée à mesure qu'elles s'en rapprocheront. Elles formeront autour du trou noir un disque d'accrétion d'autant plus brillant qu'en se rapprochant de sa frontière, la matière accélère, s'échauffe et rayonne. Avant de disparaître définitivement.

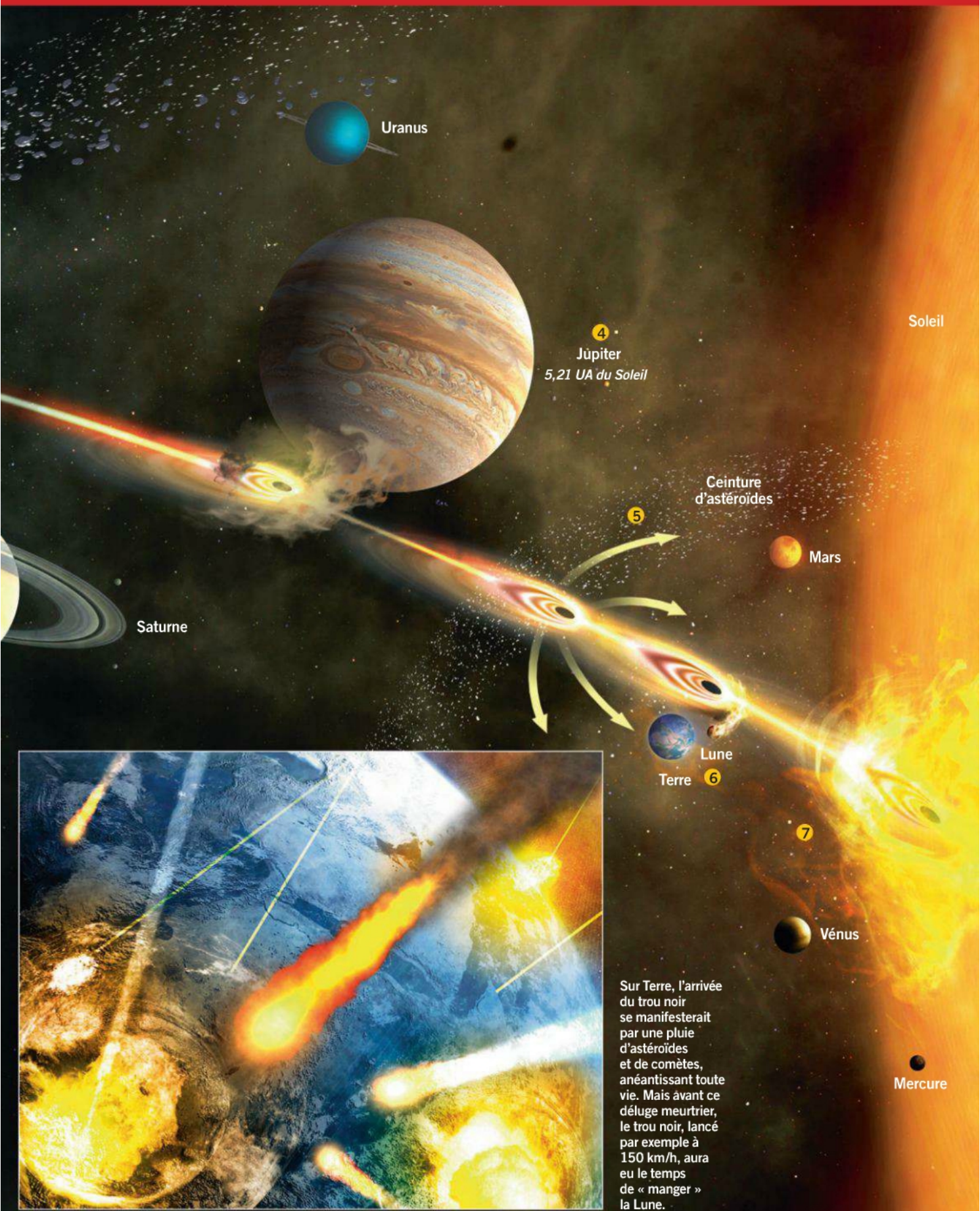
4 Jupiter voit sa matière arrachée
Si Jupiter, la planète géante, se trouve à proximité du passage du trou noir, la puissance gravitationnelle de ce dernier pourrait lui arracher au passage de la matière, tout en nourrissant son brillant disque d'accrétion.

5 Ceinture d'astéroïdes bouleversée
Cette ceinture constitue une orbite entre Jupiter et Mars, entièrement occupée de millions de corps rocheux, d'une taille allant du grain de poussière à la mini-planète. Là encore, le trou noir engloutira quelques corps au passage et surtout désorbitera des centaines d'astéroïdes qui s'abattront sur les planètes alentour, dont la Terre, toute proche.

6 La Lune disparaît, la Terre sans vie
En passant à proximité immédiate de la Terre, le trou noir pourrait faire disparaître la Lune de notre ciel… Ce ne serait là que le premier signe d'une catastrophe majeure liée à une pluie de comètes et d'astéroïdes s'abattant à sa surface.

7 Le Soleil amaigri ou rongé de l'intérieur
En parvenant près du Soleil, deux scénarios sont possibles. Soit le trou noir se met en couple orbital avec lui, lui arrachant régulièrement des lambeaux pour s'en nourrir, entraînant sur le moment des bouffées de luminosité, et à terme un amaigrissement du Soleil. Deuxième possibilité : le trou noir pénètre au cœur du Soleil, mais il ne pourra l'absorber d'un coup. L'énergie dégagée par la matière tourbillonnant autour de lui régulera en effet le taux d'accrétion. L'énergie produite de l'intérieur par le trou noir servira de nouveau « moteur » au Soleil – au lieu de la fusion nucléaire –, qui continuera ainsi à briller pendant quelques centaines de milliers d'années.

ILLUSTRATION : DIDIER FLORENTZ POUR SCIENCES ET AVENIR



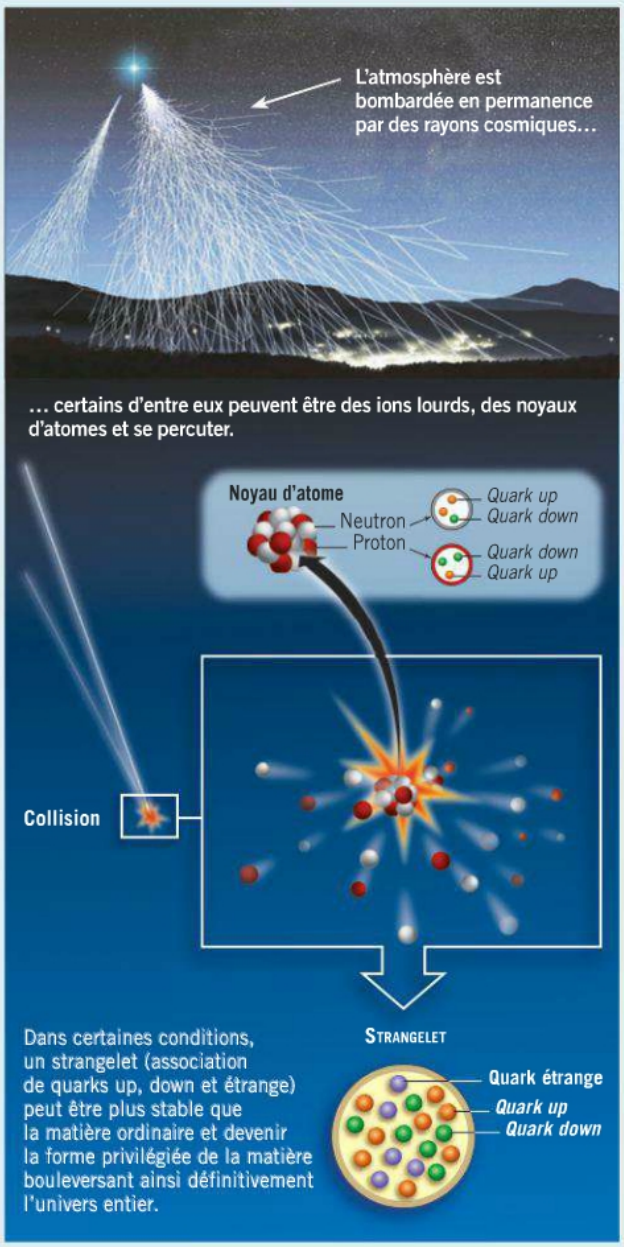
Sur Terre, l'arrivée du trou noir se manifesterait par une pluie d'astéroïdes et de comètes, anéantissant toute vie. Mais avant ce déluge meurtrier, le trou noir, lancé par exemple à 150 km/h, aura eu le temps de « manger » la Lune.

La matière étrange va-t-elle nous engloutir?

L'énigmatique « matière étrange » prévue en théorie pourrait-elle un jour engloutir la Terre ? Cette question apparemment incongrue a fait l'objet d'une étude intitulée « Un scénario de désastre hypothétique et spéculatif »* par des physiciens tout ce qu'il y a de plus sérieux peu avant le démarrage de l'accélérateur de particules RHIC, au Laboratoire national de Brookhaven, près de New York, en 2000. Calculs à l'appui, les scientifiques ont démontré que cette éventualité était certes fort peu probable… mais pas impossible ! En outre, il est apparu que quelque part dans la haute atmosphère terrestre, les mêmes conditions énergétiques pouvaient se trouver rassemblées très localement… engendrant cette matière étrange qui transformerait tout sur son passage. Pour comprendre, il faut se souvenir que la matière ordinaire, celle qui nous entoure, est faite d'atomes dont le noyau est composé de nucléons (protons ou neutrons). Ceux-ci sont eux-mêmes des associations de deux types de particules élémentaires, les quarks up (u) ou les quarks down (d). Mais le modèle standard de la physique des particules suppose l'existence de quatre autres types de quarks : charme (c) et étrange (s) top (t) et beauté (b). Tous les quatre se matérialisent dans les accélérateurs en formant des particules de kaons ou d'hypérons qui contiennent des quarks étranges puis se désintègrent en une fraction de seconde en particules non étranges. On pourrait imaginer qu'ils se forment aussi des particules avec de plus en plus d'étrangeté qu'on appelle strangelets. Si leur masse était suffisante – environ 100 fois celle du proton et jusqu'à des milliards de fois –, ceux-ci pourraient devenir stables. Quand un strangelet atteint une taille macroscopique on parle de matière étrange. Se pourrait-il que des strangelets se forment spontanément dans l'espace ? Certes, *« aucune étoile faite de matière étrange n'a été observée à ce jour »*, rappelle Micaela Oertel, de l'observatoire de Paris-Meudon. Pour autant, les astronomes n'en écartent pas l'hypothèse. C'est même un des objectifs de l'expérience AMS, le spectromètre magnétique alpha embarqué à bord de la Station spatiale internationale. Car, en théorie, cette matière étrange est facilement détectable : *« Pour une masse identique, sa charge électrique est bien plus faible que celle de la matière ordinaire »*, indique Aurélien Barrau, du Laboratoire de cosmologie et de physique subatomique de Grenoble. Reste à savoir comment un strangelet pourrait apparaître à proximité de la Terre. Rappelons que l'atmosphère terrestre est en permanence la cible d'un flot de particules en provenance de l'espace, éjectées par les événements les plus violents du cosmos. Ces rayons cosmiques sont à 90 % des protons qui percutent les atomes de l'atmosphère. Mais il arrive que ces particules de l'espace soient des ions lourds. Or, si deux de ces ions lourds entraient en collision dans l'atmosphère, les conditions d'apparition d'un strangelet pourraient se trouver réunies du fait de leur masse importante. *« Il se pourrait alors que cette matière étrange soit plus stable que la matière ordinaire, ce qui signifie que sa formation nécessite moins d'énergie que cette dernière. Cette hypothèse est envisageable parce que nous ignorons tout des propriétés de cette matière étrange »*, conclut Micaela Oertel. Alors celle-ci serait éventuellement favorisée par les lois de la physique, et la matière ordinaire disparaîtrait de proche en proche à son profit. S'ensuivrait la disparition de nos constituants élémentaires et l'apparition d'un univers différent. Autrement dit, la fin du monde tel que nous le connaissons. Cependant notre lune, depuis des milliards d'années, est soumise à de tels bombardements cosmiques et aucun événement de ce type – que l'on sache – n'a provoqué sa disparition !

Azar Khalatbari

* http://arxiv.org/pdf/hep-ph/9910333v3.pdf



ASPERA / NOVAPIX / L. BRET

BETTY LAFON

(Suite de la page 53) différentes, fusionnent, le nouveau trou noir de masse intermédiaire ainsi formé acquiert une vitesse de fuite qui pourrait osciller entre 200 et 4000 km/s. De toutes ces études, Kelly Holley-Bockelmann a acquis la certitude qu'il y a, au sein même de la Galaxie, des centaines de trous noirs errants.

Et si l'un d'entre eux venait soudain à croiser la route du système solaire ? Au final, la rencontre aurait les mêmes effets que celle d'une étoile. *« Un trou noir est extrêmement petit,* explique Jean-Pierre Luminet. *Ainsi, si l'un d'eux est équivalent à dix fois la masse du Soleil, il serait contenu dans un espace de 30 km. Or l'effet gravitationnel ne se fait ressentir qu'à 100 ou au pire 1000 fois son rayon de Schwarzschild* [le rayon critique au-delà duquel la matière disparaît à tout jamais de l'Univers]. *Ainsi, l'influence gravitationnelle du trou noir de dix fois la masse du Soleil ne se ferait ressentir que pour un voyageur ou un astre passant à moins de 30 000 kilomètres de lui, ce qui, à l'échelle du système solaire, est une distance homéopathique. A titre de comparaison, la Lune, l'astre le plus proche, est tout de même à 300 000 kilomètres de nous ! »*

Certes. Mais imaginons maintenant ce que ce trou noir « homéopathique » pourrait faire s'il venait à s'approcher assez pour pénétrer dans le nuage d'Oort. Ce vaste réservoir de 1000 à 2000 milliards de comètes forme un gigantesque nuage autour du système solaire, à plus de 1500 unités astronomiques*. Les conséquences seraient alors plus désastreuses ! Ce serait comme un coup de pied dans la fourmilière. Les boules de glace les plus proches seraient irrémédiablement attirées à l'intérieur du trou noir mais, plus loin, d'autres pourraient, à son approche, gagner de la vitesse et, comme sous l'effet d'une fronde gravitationnelle, être envoyées en essaim meurtrier en direction du Soleil. Résultat : Les planètes qui, par malchance, se trouveraient sur leur trajectoire, la Terre par exemple – troisième planète la plus proche du Soleil – subirait alors une véritable avalanche de comètes. Un drame qui s'est déjà produit par le passé : il y a quelque 4 milliards d'années, notre planète a en effet connu un tel épisode, que les astronomes ont appelé le Grand Bombardement cométaire – sans doute provoqué à cette époque par la migration des planètes géantes. La Lune et nombre d'autres corps du système solaire en ont d'ailleurs conservé de nombreux cratères. Au fur et à mesure de sa progression dans le système solaire, le trou noir dérangerait d'autres réservoirs de comètes et d'astéroïdes – la ceinture de Kuiper et celle d'astéroïdes – qui contribueraient eux aussi à ce bombardement cosmique.

Concrètement, que se passerait-il si une pluie de comètes et d'astéroïdes s'abattait sur Terre ? Récemment, le télescope spatial Spitzer a détecté une telle scène d'averse cométaire s'abattant sur un système solaire situé à environ 59 années-lumière de la Terre, autour d'une étoile brillante appelée Eta Corvi et âgée d'environ un milliard d'années. Des études récentes démontrent que ce type d'événement a pu apporter, dans l'enfance de la Terre, de l'eau en grande quantité ainsi que du carbone, des acides aminés, etc. Bref toutes les briques essentielles qui ont pu permettre ensuite à la vie de se développer.

Mais un tel bombardement commencera d'abord par éradiquer pratiquement toute forme de vie à la surface de la Terre dans un scénario digne des pires films catastrophes. Les tsunamis provoqués par la chute des corps en mer ravageront nombre de côtes où se concentre aujourd'hui la majeure partie de la population humaine. Sur la terre ferme, chaque impact projettera de la poussière dans l'atmosphère. Les chocs telluriques devraient réveiller en masse les volcans, dont les cendres seront injectées dans la haute atmosphère. La lumière du Soleil pénétrera difficilement cette épaisse couverture de poussières et le froid s'installera, instaurant pour longtemps une sorte d'hiver nucléaire : les plantes dépériront et les survivants, humains ou animaux, finiront par mourir de faim. Un scénario que notre planète a déjà connu par le passé et qui a mené à des extinctions massives. Pendant ce temps, le trou noir aura atteint les abords du Soleil. Dès lors, deux hypothèses sont envisageables : soit il se met en couple avec lui et en dévore peu à peu la matière ; soit il s'installe en son cœur, le dévorant lentement de l'intérieur… Alain Riazuelo, de l'Institut d'astrophysique de Paris, se veut cependant rassurant : *« La probabilité d'une telle rencontre avec un trou noir est extrêmement faible. De l'ordre de un en 10 000 milliards d'années ! »* Pas de panique, donc.

Sylvie Rouat

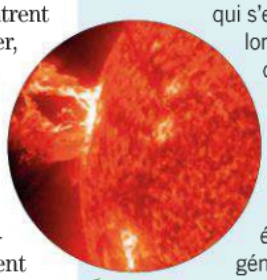
> La probabilité d'un tel phénomène est de l'ordre de 1 à 10 milliards d'années

* Une unité astronomique (UA) égale la distance Terre-Soleil.

Les fins du monde fantaisistes

LA TERRE VA CHANGER D'AXE. L'axe de rotation de la Terre sera aligné avec le plan de la Galaxie vu depuis le système solaire. Tous les 25 000 ans, l'axe de rotation de la Terre pointe dans cette même direction… pendant 18 ans, 2012 étant seulement inclus dans cette période.

LE SOLEIL VA SURCHAUFFER. Le Soleil, qui s'est réveillé d'une longue période d'inactivité, déploie en effet une grande énergie depuis quelques mois. Début mars, d'importantes éruptions solaires ont généré des tempêtes géomagnétiques sur la Terre. Les spécialistes prévoient un pic d'activité… en 2013. Des risques pour les satellites, les passagers d'avions et les astronautes.

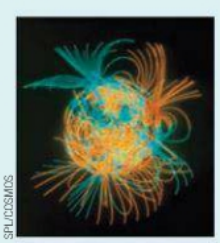


NASA

LA TERRE SERA EXPULSÉE DE SON ORBITE. C'est le scénario le plus improbable, car il faudrait pour cela qu'une planète de la même masse que la Terre, au moins, viennent nous heurter et éventuellement prennent notre place. Un tel astre errant n'existe pas dans le système solaire.

ALERTE À NIBIRU ! Cette hypothétique planète des confins du système solaire reviendrait tous les 3600 ans vers l'intérieur du système solaire et pourrait cette fois frôler la Terre. Sauf que les télescopes n'en ont toujours pas trouvé trace…

LE PÔLE PERDRA LE NORD. Le pôle nord magnétique dérive depuis quelques années. Mais cela n'est peut-être que transitoire. S'il devait y avoir une inversion des pôles magnétiques, cela se ferait de toute façon en quelques milliers d'années. Et il n'y a jamais eu de corrélation entre une inversion des pôles magnétiques et une extinction d'espèces.

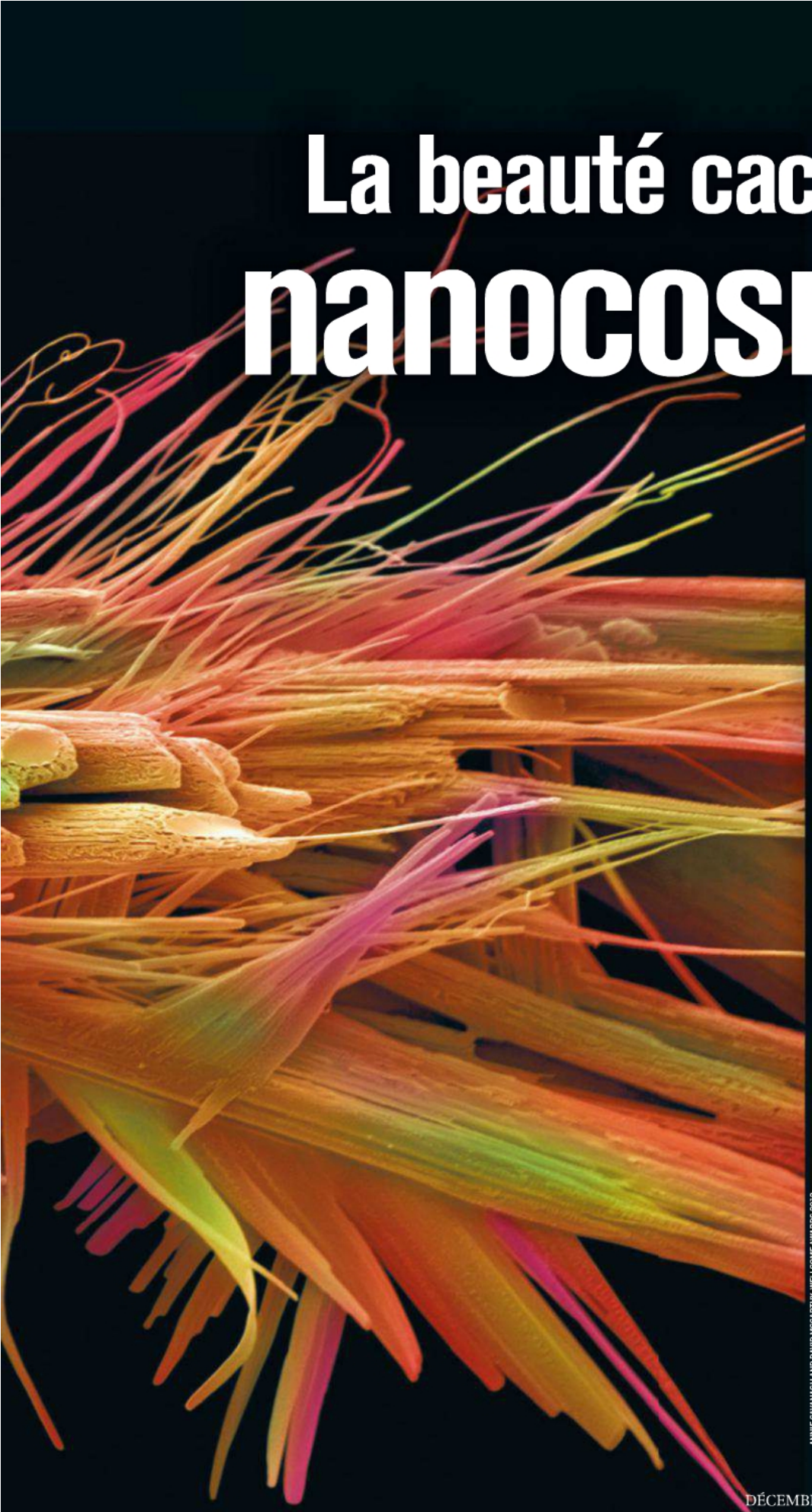


SPL/CDSMDS

La beauté cachée du nanocosmos

Les Wellcome Images Awards récompensent, chaque année, les meilleures photographies scientifiques. Sélection des images les plus spectaculaires du palmarès 2012.

Cécile Michaut



ANNIE CAVANAGH AND DAVID MCCARTHY, WELLCOME AWARDS 2012

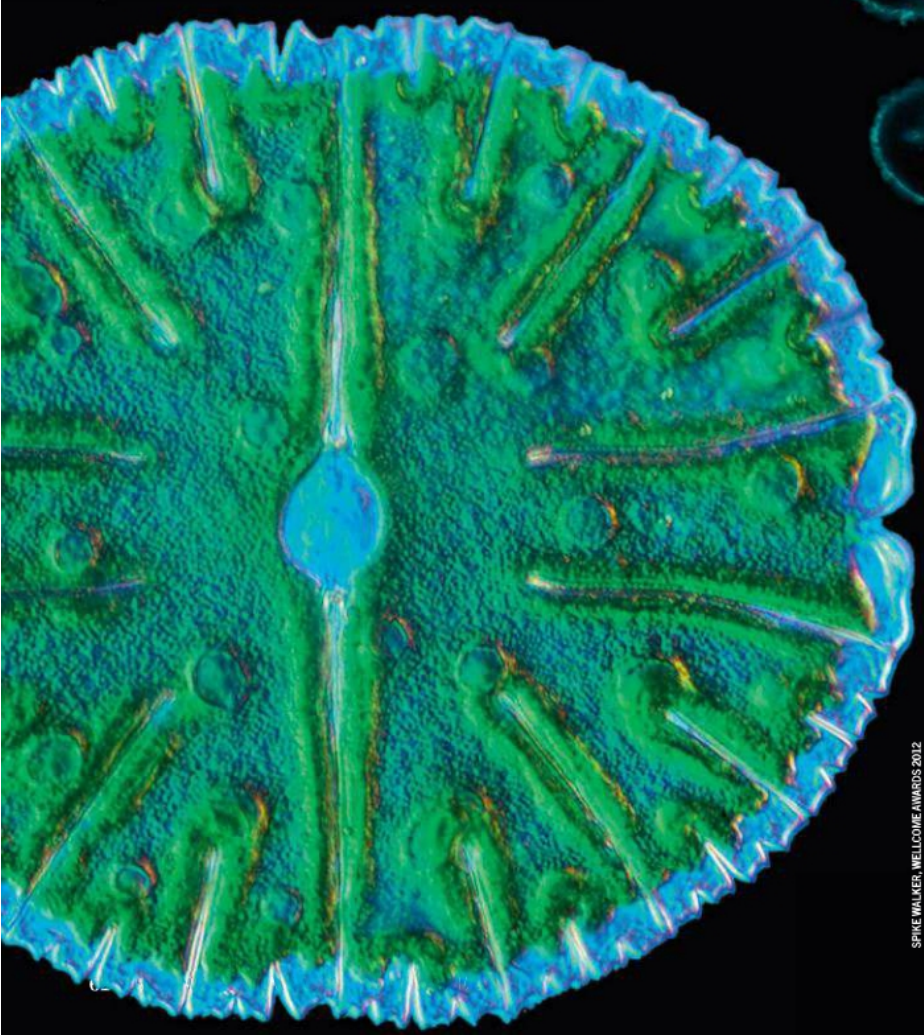
◀ Cristaux stimulants

C'est une substance qui nous est familière, et pourtant, jamais nous ne l'avions observée ainsi : ces cristaux sont de la caféine. Ils ont été pris au microscope électronique à balayage, et la photo traitée en fausses couleurs. Ils mesurent une quarantaine de micromètres de long, mais d'autres – non visibles ici – sont dix fois plus gros. La caféine est un alcaloïde naturellement présent dans plusieurs plantes comme la graine de caféier ou les feuilles de théier, la théine étant l'autre nom de la caféine. La caféine est utile aux plantes comme pesticide naturel.

ANNIE CAVANAGH AND DAVID MCCARTHY, WELLCOME AWARDS 2012

▲ Des grains d'huile plein la feuille

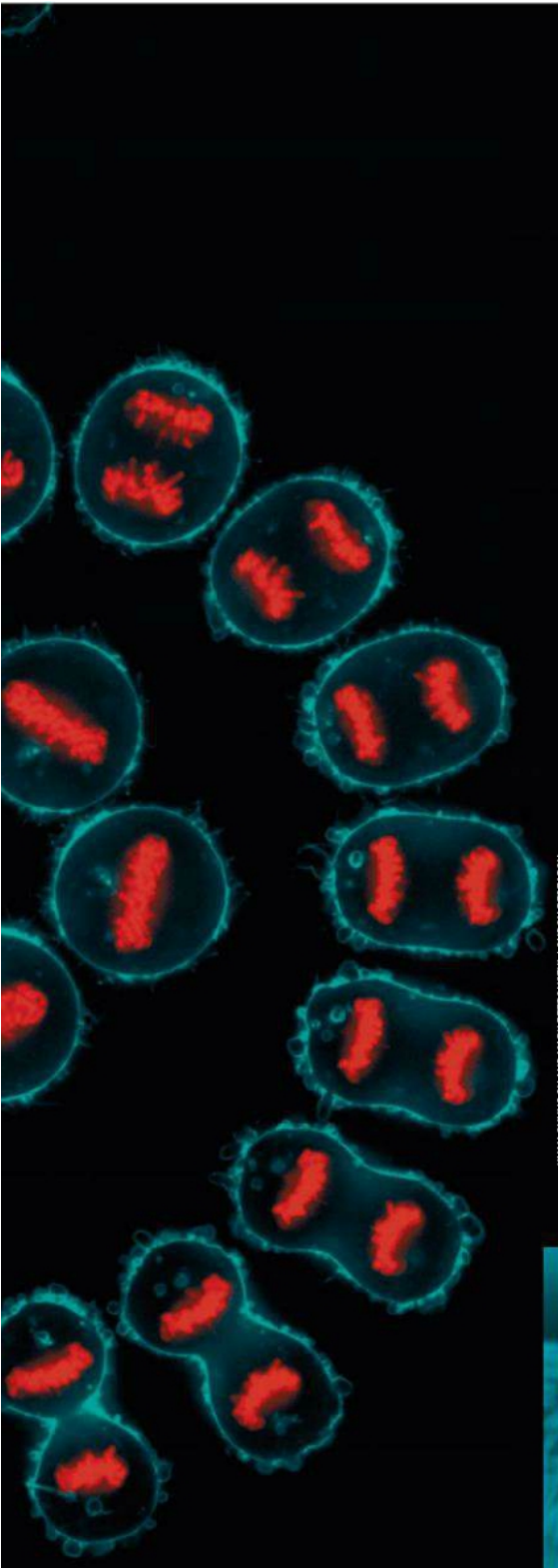
Cette feuille de lavande est prise au microscope électronique à balayage, à l'échelle de 200 micromètres. Grâce à ses fausses couleurs, l'image dévoile clairement les micro-gouttelettes gorgées d'huile *(en orange)* présentes à la surface de la feuille. Pas étonnant que l'odeur de lavande nous assaille dès que l'on frotte la plante, faisant ainsi éclater les grains d'huile.



SPIKE WALKER, WELLCOME AWARDS 2012

◀ Symétrie inouïe

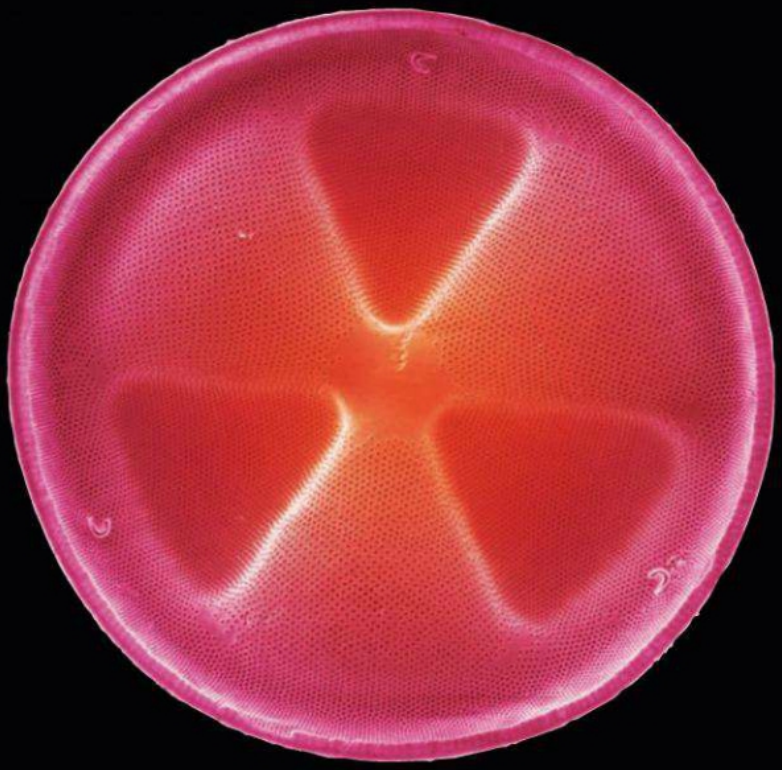
Cette algue verte unicellulaire, qui colonise habituellement les eaux douces, mesure 150 micromètres.
Elle appartient à l'ordre des desmides, qui compte 5000 à 6000 espèces, caractérisées par leurs magnifiques formes symétriques. Les desmides sont plates et constituées de deux demi-disques formant une image en miroir.



KUAN-CHUNG SU AND MARK PETRONCZKI, LONDON RESEARCH INSTITUTE, CANCER RESEARCH UK, WELLCOME AWARDS 2012

◄ La division en action

Ces photographies prises au microscope confocal – réalisant des images de très faible profondeur de champ d'environ 0,4 micromètre – représentent une cellule cancéreuse en pleine division (mitose). L'ADN est en rouge, la membrane cellulaire en bleu. Cette division dure 16 h, pendant lesquelles la cellule au centre de l'image refoule deux copies identiques de l'ADN vers sa périphérie. Puis la membrane se contracte, séparant la cellule en deux.



ANNE WESTON, LONDON RESEARCH INSTITUTE, CANCER RESEARCH UK WELLCOME AWARDS 2012

▲ Parure de verre

Cette diatomée, une algue microscopique unicellulaire de 80 micromètres de diamètre, est entourée d'une coque de verre appelée frustule. Celle-ci peut être de formes très variées, permettant de différencier les espèces. Elles intéressent particulièrement les spécialistes de chimie douce car elles savent fabriquer du verre à température ambiante, ce que l'homme est pour l'heure incapable de faire.

KEVIN MACKENZIE, UNIVERSITY OF ABERDEEN, WELLCOME AWARDS 2012

Un insecte au poil ►

Ce moucheron des éviers a été saisi au microscope électronique à balayage. Après un traitement complexe pour ne pas endommager les poils et les ailes, le photographe l'a recouvert d'une fine couche d'or afin d'assurer la conductivité de l'échantillon. Chaque œil mesure environ 100 micromètres.

Recherche uranium désespérément

Alors que le parc mondial de réacteurs nucléaire augmente, le spectre de la pénurie plane sur le minerai dont est issu le combustible.

La nouvelle est presque passée inaperçue : malgré la catastrophe de Fukushima, survenue voici plus d'un an et demi, le parc mondial de réacteurs nucléaires devrait connaître une envolée de 35 à 100 % d'ici à 2030. C'est du moins la conclusion d'un rapport publié fin juillet par l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA). Malgré de grandes incertitudes, la tendance est nettement à la hausse : aux 435 installations en service dans le monde, s'ajouteraient, en moins de deux décennies, entre 90 et 350 autres, essentiellement dans les pays émergents et en Asie. D'où la question : y aura-t-il assez d'uranium dans les prochaines décennies?

Pendant des années, les ressources semblaient garantir un fonctionnement pour un siècle… si toutefois la consommation mondiale restait au niveau de celle de 2010. Le récent rapport de l'AIEA vient tout remettre en question. 22 000 tonnes d'uranium risquent de manquer sur les 80 000 que l'on estime nécessaires dans deux décennies. A cela s'ajoute un autre facteur très perturbateur : la fin du traité sur les armes nucléaires stratégiques prévue en 2013. *« A l'heure actuelle, la production mondiale de minerai ne couvre que 60 % de la demande. Le reste est fourni par le démantèlement des têtes stratégiques nucléaires russes et américaines, dans le cadre de ces accords de réduction d'armement*, explique Patrick Bouisset, de la direction des Géoressources d'Areva. *Leur charge contient plus de 90 % d'uranium 235 fissile, alors que le combustible nucléaire civil n'en contient que 4 %. La dilution des premiers permet donc de fabriquer une grande quantité de combustible.* » Sans cet apport, comment assurer la production des centrales? *« Il y a urgence à reprendre la recherche géologique de nouveaux gisements à travers le monde »*, affirme Patrick Bouisset. En théorie, rien de plus simple. L'uranium est en effet présent partout sur Terre jusque dans l'eau des océans, même s'il est bien plus rare que le carbone ou le silicium. Dans certaines roches, l'uranium se trouve dans des minéraux comme la monazite ou l'uraninite. *« A l'origine de sa concentration dans la* ●●●

LEXIQUE

FISSILE : le noyau d'un élément fissile, par exemple le ^{235}U, peut se scinder en deux noyaux plus légers en libérant beaucoup d'énergie.

FERTILE : se dit d'un élément qui a besoin de capturer un neutron pour produire des éléments fissiles. ^{238}U, qui compose 99,275 % de l'uranium naturel, est fertile.

URANIUM ENRICHI : contient un pourcentage plus important en ^{235}U que l'uranium naturel. Soit, pour le combustible nucléaire, environ 4 % de ^{235}U, au lieu de 0,725% pour l'uranium naturel. Par opposition, l'uranium appauvri contient moins de 0,725 % de ^{235}U.

SYLVIE DAOULDAL D'APRÈS MARTA CONDE ET GIORGOS KALLIS, DANS « GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE », VOL 22, ISSUE 3, AOUT 2012, PAGES 596-610

L'état des réserves d'uranium, en kilotonnes (établi ici pour prix de l'uranium sur le marché inférieur à 130 dollars le kilo), montre beaucoup de disparités entre les pays. Il faut distinguer les ressources, qui désignent l'ensemble du minerai identifié, des réserves, qui en sont la part exploitable, en fonction du prix de l'uranium sur le marché.

DAVID BOILY / AFP

Il risque de manquer 22 000 tonnes d'uranium d'ici à deux décennies, selon un raport interne de l'Agence internationale de l'énergie atomique (ici la mine de McLean Lake, au Canada).

●●● *nature, des réactions d'oxydoréduction, une réaction chimique au cours de laquelle se produisent des échanges d'électrons*, explique Maurice Pagel, du Laboratoire de géologie de l'université Paris-Sud-Orsay. *Lorsqu'il passe d'un milieu oxydant, dans l'eau par exemple, à un milieu réducteur, riche en matières organiques, il gagne deux électrons. C'est ainsi que l'uranium est transporté par les eaux oxydantes et déposé dans des couches riches en matière organique et en sulfures. »*

Pour les gisements à plus fortes teneurs trouvés au Canada et en Australie, l'uranium s'accumule au niveau des zones de contact entre deux couches géologiques d'âges différents, en général un socle de plus de 1,8 milliard d'années, sur lequel reposent des grès rouges oxydés. *« On peut aussi le retrouver au sein des minerais de phosphate où il est associé au fer, ainsi que dans l'eau des océans à une teneur de seulement quelques parties par milliard »*, précise Maurice Pagel. Il est aujourd'hui beaucoup plus facile de le repérer car la prospection peut se faire à très grande échelle grâce à des moyens aéroportés, en particulier des scintillomètres. Ces instruments, qui ne sont autres que des compteurs Geiger, détectent jusqu'à plusieurs centaines de mètres d'altitude les rayons gamma émis par la radioactivité naturelle de l'uranium. Même si d'autres éléments radioactifs – essentiellement produits par sa désintégration comme le radon – émettent aussi des rayons gamma, la méthode permet de « flairer » de nouveaux gisements potentiels.

Dans les faits, les conditions économiques ne sont pas réunies pour tenter ce pari à long terme. Depuis la crise et l'accident de Fukushima, le kilo d'uranium atteint à peine 130 dollars alors qu'il dépassait 350 dollars en 2007, conséquence des hésitations de plusieurs pays à poursuivre leur programme nucléaire. Même si nous sommes à la veille d'une nouvelle augmentation des cours – les programmes étant relancés –, les difficultés d'extraction font que certaines exploitations sont en dessous du seuil de rentabilité. *« Aujourd'hui, les sociétés minières exploitent surtout des minéralisations connues depuis plusieurs dizaines d'années ou localisées dans des provinces uranifères déjà connues. Les gisements les plus faciles à détecter l'ont été par radiométrie. Il faut maintenant inventer de nouvelles méthodes pour trouver des gisements cachés »*, explique Maurice Pagel. Aller chercher l'uranium du fond des mers ? Impossible : les techniques sont très loin d'être au point. « *Le coût d'extraction est là aussi tel qu'il faudrait vendre le kilo à plus de 1000 dollars* », précise Marc Delpech, du CEA. D'autant que, globalement, le marché est très instable : *« C'est là tout le paradoxe*, explique Romain Garcier, géographe à l'Ecole normale supérieure de Lyon. *Les efforts industriels et financiers sont gigantesques, mais les incertitudes tout aussi énormes : inondations ou accidents, changements d'opinion, stabilité des pays concernés… tout peut, à tout instant, faire basculer la production. »*

Mais il ne suffit pas de découvrir un gisement. Encore faut-il qu'il soit évalué pour en connaître les teneurs – c'est-à-dire la part d'uranium dans le minerai –, qui varient d'un site à l'autre : *« Le*

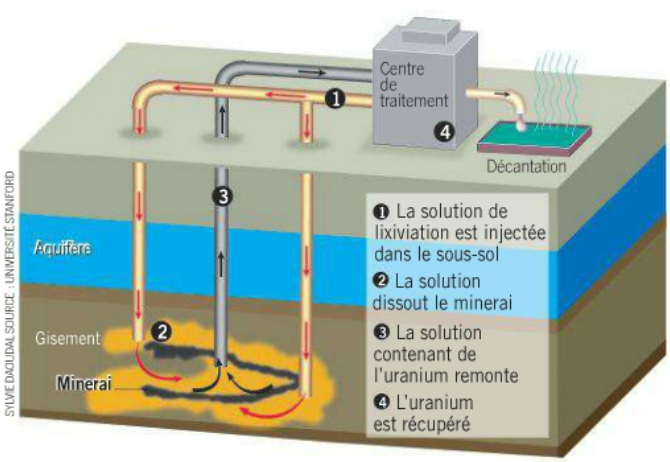
J.M TAILLAT/AREVA

SHAMIL ZHUMATOV/REUTERS

La mine de Tortkuduk, au Kazakhstan ❶, un des principaux pays producteurs d'uranium. Le yellowcake ❷ est un concentré d'uranium obtenu après extraction et purification du minerai. Pour obtenir du combustible nucléaire, il faut enrichir l'uranium, c'est-à-dire concentrer l'isotope 235 à hauteur de 4 %. L'opération est réalisée dans des usines comme ici Georges-Besse 1, dans la Drôme ❸.

Les techniques d'extraction

Lorsque le minerai est situé en profondeur, la lixiviation est un procédé économique : une solution acide est injectée au niveau du gisement, qui dissout le minerai. L'ensemble remonte puis est traité pour récupérer l'uranium. Un peu plus de 40 % des mines ont recours à la lixiviation. Le minerai peut aussi être extrait dans les mines à ciel ouvert ou à travers des galeries souterraines, ce qui augmente le coût de production.



SYLVIE DAOULDAL SOURCE : UNIVERSITÉ STANFORD

AREVA/DR

Très chère UraMin

L'affaire UraMin a éclaté au début de l'année lorsque la presse révèle que le français Areva, l'un des leaders mondiaux du nucléaire, a acquis en 2007 la société canadienne UraMin, propriétaire de mines d'uranium en Afrique pour 2,5 milliards de dollars (1,9 milliard d'euros). Soit le double de sa valeur, compte tenu des basses teneurs en uranium de ces gisements. La raison de ce « cadeau » fait à UraMin a alimenté beaucoup de rumeurs. Les géologues d'Areva auraient-ils effectué une mauvaise estimation des ressources ? Cette hypothèse est très vite écartée. L'évaluation d'un gisement est effet une opération usuelle pour eux. En France, un rapport parlementaire fait le point : le député Marc Goua a recueilli les témoignages pour présenter les étapes de cette affaire complexe*. En fait, comme l'avancera en août le quotidien sud-africain *Mail & Guardian*, le surcoût aurait été motivé par des raisons commerciales. A l'époque, Areva voulait remporter le marché de deux centrales nucléaires EPR à Pretoria (Afrique du Sud). Pour gagner cet appel d'offres, le groupe aurait artificiellement gonflé le prix d'UraMin afin de satisfaire les dirigeants, proches du président sud-africain. Dans les faits, le groupe français a effectivement décroché des contrats, mais ceux-ci sont devenus caducs en septembre 2008 à la suite d'un changement politique en Afrique du Sud. Ce scénario, démenti par toutes les personnes mises en cause, reste à démontrer.

* www.marcgoua.fr

dernier exploité en France, celui de Jouac-le-Bernardan en Haute-Vienne, fermé en 2001, avait des teneurs autour de 0,5 %. Certains gisements du Canada dont Cigar Lake affichent 10 à 20 %. Quant aux mines du Kazakhstan, la teneur n'y dépasse pas 0,1 %, précise Maurice Pagel. *Mais c'est un gisement dans des sables poreux et perméables peu profonds qui ne nécessite pas de creuser des galeries, d'où d'importantes économies.* »

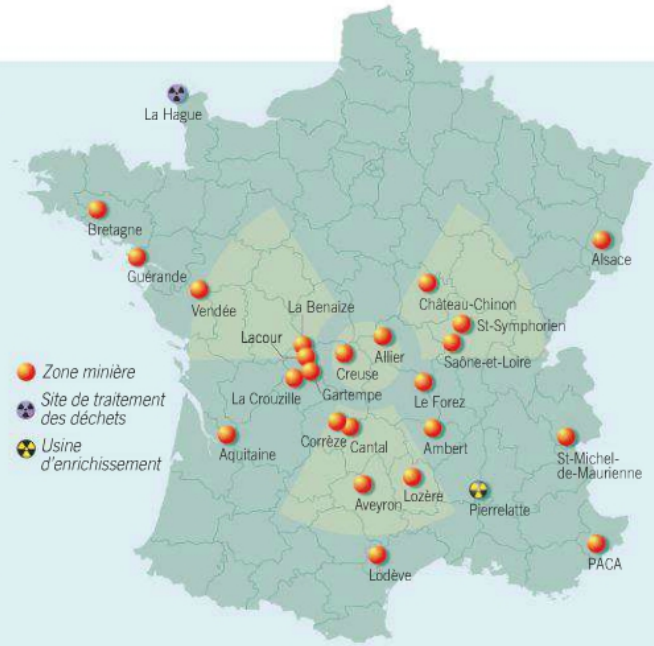
Pour ne pas avoir à creuser, les compagnies ont recours à une technique dite de lixiviation. Plus de 41 % du minerai mondial a été récupéré ainsi en 2010 : il s'agit de forer plusieurs puits et d'y injecter de grandes quantités d'une solution d'acide avant de récupérer les eaux d'injection et de les filtrer *(voir l'infographie ci-contre)*. Après plusieurs opérations d'extraction et de précipitation, un concentré est obtenu qui comporte 75 % d'uranium. C'est ce « yellow cake », une poudre jaune, qui est commercialisé. Mais, sous cette forme, il ne peut pas servir de combustible dans les réacteurs. En effet, l'uranium naturel y est présent sous la forme de deux isotopique : la quasi-totalité (99,275 %) est du ^{238}U, alors que c'est la variété ^{235}U (0,72 %), fissile, qui intéresse l'industrie nucléaire. Si les deux ont les mêmes propriétés chimiques, le noyau de ^{238}U possède trois neutrons supplémentaires, ce qui lui confère un minuscule supplément de masse. Une aubaine ! car pour fabriquer du combustible, il faut séparer ces « jumeaux », puis « enrichir » en 235, jusqu'à ce que la part de ce dernier atteigne 4 % pour le combustible civil (contre 90 % pour le militaire). Mais passer de 0,72 % à 4 % est une opération très délicate.

Il faut inventer de nouvelles techniques de prospection

Deux techniques permettent aujourd'hui d'y parvenir, que l'on teste quotidiennement dans nos cuisines. L'ultracentrifugation fonctionne comme un immense robot ménager tournant à plusieurs milliers de tours par minute pour concentrer les éléments les plus légers en périphérie. Ou la diffusion gazeuse, un gigantesque tamis dont les pores nanométriques séparent les éléments selon leur taille. En France, ces deux opérations sont réalisées au Centre nucléaire du Tricastin, à Pierrelatte (Drôme) : durant trente ans, entre 1982 et 2011, l'usine Georges-Besse 1 a ainsi enrichi le quart de l'uranium mondial par diffusion gazeuse, tandis qu'une nouvelle usine, Georges-Besse 2, procède depuis 2011 par centrifugation. Au total, il n'y a que huit usines de ce type dans le monde. A la sortie, le combustible est enfin prêt à l'emploi. Trois pays – le Canada, l'Australie et le Kazakhstan – produisent ainsi 62 % de l'uranium disponible. Et la filière est entre les mains de quelques multinationales. Areva intervient dans 80 % des centrales à travers le monde. Parallèlement à la recherche de nouveaux gisements, une autre voie est explorée pour faire durer la ressource : améliorer le rendement des réacteurs. En 2010, les 64 000 tonnes d'uranium ont permis de produire « seulement » 320 gigawatts (GW) d'électricité cette année-là dans le monde (sachant qu'une centrale classique produit 1000 mégawatts par an). Résultat : chaque gigawatt utilisé pour l'électricité ou le chauffage consomme 200 tonnes d'uranium par an si l'on considère que ces réacteurs fonctionnent en continu, sans interruption. Autrement dit, nous « tirons » une puissance de 50 GW par tonne d'uranium. *« Or, en théorie, si tout le combustible fissile était converti en énergie, chaque tonne devrait libérer 900 GW »*, précise Sylvain David, de l'Institut de physique nucléaire d'Orsay. Cinquante au lieu de 900… Où sont donc ●●●

Que deviennent les résidus des mines françaises ?

Que sont devenus les 210 sites français répartis sur 25 départements ? Pendant près de cinquante ans, la France a développé une activité d'exploration, de production, de traitement et de stockage de l'uranium, qui a pris fin en 2001. Même si les teneurs en uranium de ces minerais étaient 100 fois plus faibles que celles de la mine la plus riche du Canada, cette activité a généré deux types de produits dont la gestion reste problématique : ceux appelés « stériles » et les résidus de traitement. Les premiers – soit 200 millions de tonnes pour 52 millions de tonnes de minerai extraites en France depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale – sont les roches excavées pour accéder aux gisements. Bien que plus riches en uranium que les terres prélevées ailleurs, ils ne sont pas classés parmi les déchets radioactifs. Quant aux résidus de traitement, ils proviennent de la séparation de l'uranium du minerai. Chaque kilo émettant plusieurs centaines de milliers de becquerels, ils sont classés parmi les déchets radioactifs de faible à très faible activité et à vie longue. Pour l'heure, ces résidus sont stockés à proximité des sites d'exploitation sous une couche de stériles, le tout recouvert de terre. Areva et la Drire (Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement) en assurent la surveillance. L'uranium pourrait-il migrer dans le sol et s'accumuler ailleurs ? Peut-il contaminer les eaux souterraines ? Le programme Mimausa (Mémoire et impact des mines d'uranium : synthèse et archives), débuté en 2003 et mené par l'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire), est chargé de la surveillance de ces déchets, sans pour autant être capable aujourd'hui de répondre à ces questions.



L'extraction minière en France a pris fin en 2001. Les résidus d'exploitation émettent 100 à 1000 fois plus de rayonnement que le granite, une roche qui forme le massif hercynien en Bretagne.

SOURCE IRSN - INFOGRAPHIE SYLVIE DAOUDAL

●●● passés les 850 GW restants ? *« Ils sont perdus ! Cela signifie que nos réacteurs sont très loin d'une utilisation optimale du combustible. »* Pour preuve, la production des déchets nucléaires, dus à une combustion imparfaite, et dont on sait qu'ils posent d'épineux problèmes de traitement, de stockage et d'entreposage.

Sauf qu'améliorer le cycle du combustible suppose de très lourdes mutations technologiques pour recycler le combustible usagé afin de le réutiliser dans les réacteurs. La France s'est engagée fortement dans cette voie : les réacteurs actuels utilisent du MOX, un mélange d'oxyde d'uranium et de plutonium, ce dernier étant issu d'une première combustion de l'uranium. Le MOX français est aussi livré au Japon et en Allemagne. Les prochaines décisions politiques pèseront sur son avenir. *« Chaque gigawatt produit à partir de l'uranium enrichi utilise classiquement 200 tonnes par an d'uranium. Ce chiffre descend à 175 t/an d'uranium avec le MOX, ce qui représente 9 à 10 % d'économie »*, explique Sylvain David. L'autre gain possible se situe au niveau de l'enrichissement : *« Aujourd'hui, après enrichissement, il reste encore 0,25 % d'uranium 235 dans l'uranium appauvri. Avec la nouvelle usine d'enrichissement par ultracentrifugation, on pourrait abaisser cette part à 0,15 %, diminuant les pertes de l'uranium fissile »*, poursuit Sylvain David. Les économies supplémentaires nécessitent, elles, un changement de réacteur. Le *must* étant la filière du surgénérateur qui permet d'utiliser l'uranium directement sorti de la mine sans enrichissement, aussi bien le 235 que le 238. *« Comme le 238 est 100 fois plus abondant, cela augmenterait incroyablement les ressources disponibles : 5000 ans de combustible garantis ! »* Cette filière économe est prévue pour les réacteurs de quatrième génération, même si le surgénérateur Superphénix qui constituait un premier prototype, a été arrêté en 1998. Aujourd'hui, le projet français Astrid (Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration), porté par le CEA, promeut un réacteur de ce type dont la construction devrait débuter à Marcoule (Gard) à l'horizon 2020… si toutefois la poursuite du programme en discussion en cette fin 2012, est acquise.

Parmi les pistes pour utiliser moins d'uranium, celle des surgénérateurs

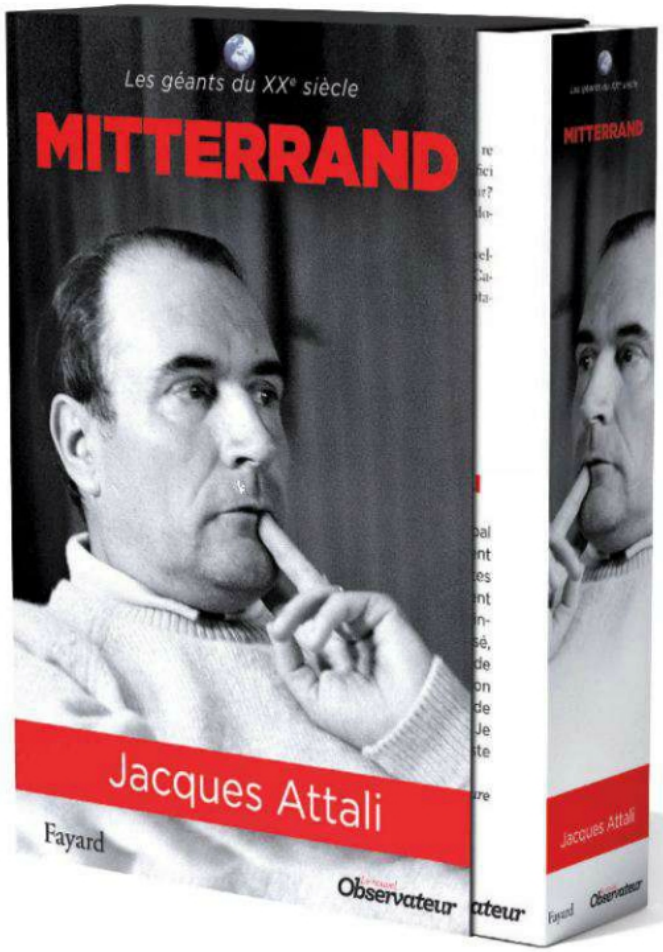
En attendant, un autre élément, totalement imprévisible lui aussi, risque de compliquer encore l'état du marché de l'uranium : la perception du risque par les citoyens. *« L'acceptation ou le refus d'un programme de recherche qui court sur une décennie, comme l'était le projet Superphénix, dépend beaucoup de sa perception par le public. Or, il y a là une dimension cognitive difficile à modéliser »*, explique Romain Garcier, qui participe au programme Sciences humaines et sociales du projet Needs – Nucléaire, énergie, environnement, déchets, société –, un programme interdisciplinaire d'étude sur la filière du nucléaire. *« Ainsi, au cours de nos études nous avons constaté que le degré de confiance accordé à la sûreté d'une grande infrastructure industrielle – comme une centrale nucléaire ou une opération de forage – dépend avant tout de la confiance accordée à la personne qui vient présenter le projet »*, reprend Romain Garcier. Une donnée à méditer pour les grandes installations du futur. **Azar Khalatbari**

Le nouvel Observateur et les Editions Fayard présentent

LES GÉANTS
DU XXe SIÈCLE

Une collection des meilleures biographies dirigée par Laurent Joffrin

N°6 MITTERRAND
par Jacques Attali



9€90
SEULEMENT

Dans vos points de vente habituels

avec radio classique

Visuels non contractuels © Dominique Pasquet

ET AUSSI DISPONIBLE SUR LISEUSES KINDLE AMAZON, IPAD, IPHONE, PC, MAC...

Des mannequins high-tech pour apprentis médecins

A Québec, des équipes médicales prennent en charge de drôles de patients. Bardés d'électronique et reliés à des logiciels, ils respirent et présentent toutes sortes de pathologies. Le but : s'entraîner aux situations d'urgence en conditions réelles.

Salle de repos des internes en anesthésie. Le calme momentané est interrompu par la sonnerie stridente du téléphone. C'est un appel de l'infirmier de la salle de soins intensifs. *« J'ai une urgence, un polytraumatisé déjà transfusé qui ne va pas bien. »* Traduction : l'état de santé d'une personne accidentée, qui a déjà perdu beaucoup de sang, vient brutalement de se dégrader. Les quatre jeunes médecins présents se précipitent vers le lit du patient : Monsieur X, 35 ans, a le teint gris, les yeux mi-clos. Un interne palpe son pouls. Rapide, trop rapide. Sur l'écran de contrôle, les chiffres indiquant la tension artérielle chutent vertigineusement. Monsieur X émet quelques

Dans une salle du centre Apprentiss, à Québec, des étudiants tentent de réanimer un « vrai faux patient », dont les données physiologiques (fréquence cardiaque, pouls…) s'affichent sur le moniteur. Des caméras filment la scène (à gauche) qui sera « débriefée » avec l'aide des formateurs.

râles. Le diagnostic est posé : état de choc. La réanimation démarre, dans une ambiance digne de *Dr House* et d'*Urgences* ; les médecins recherchent activement les raisons de cette aggravation. Aucun des soins prodigués n'est efficace. Soudain, un interne examine attentivement la poche de sang de perfusion et le bracelet d'identité du patient. Horreur ! le groupe sanguin de la transfusion a été mal choisi. *« Ce n'est pas le bon sang ! »* crie-t-il. Tout le monde se fige autour du malade, inanimé… Et pour cause ! Monsieur X est un mannequin de simulation. Nom de code : SimMan3G. Signes particuliers : bardé d'électronique et de capteurs Wi-Fi, reliés à des logiciels, il réagit en temps réel comme un vrai patient quand on lui administre des médicaments. Toutes ses entrailles technologiques sont contenues par une grande fermeture qui lui zèbre le dos.

Bienvenue au royaume du « vrai faux ». Nous ne sommes pas dans un hôpital, mais au centre Apprentiss de simulation médicale de l'université Laval, à Québec, au Canada. Un complexe intégré de formation en sciences de la santé qui accueille chaque année 7000 personnes – médecins, internes, infirmiers, kinésithérapeutes, pharmaciens. Ici, chacun peut tester ses connaissances et les réactions des vrais faux patients. Ce matin, au programme, « immersion clinique et situation de crise ». *« Le but est de réduire le nombre des "premières fois" afin que les soignants se familiarisent avec certaines situations d'urgence,* résume le Dr Gilles Chiniara, anesthésiste et responsable pédagogique du centre. *Cela leur permet aussi de comprendre leurs propres erreurs. Car l'expérience prouve que les failles de la prise en charge médicale ne sont pas dues à un manque de connaissances mais bien à l'erreur humaine. Etre confronté "pour de faux" à un événement, même rare, permet de mieux y répondre si celui-ci doit survenir dans la réalité. »*

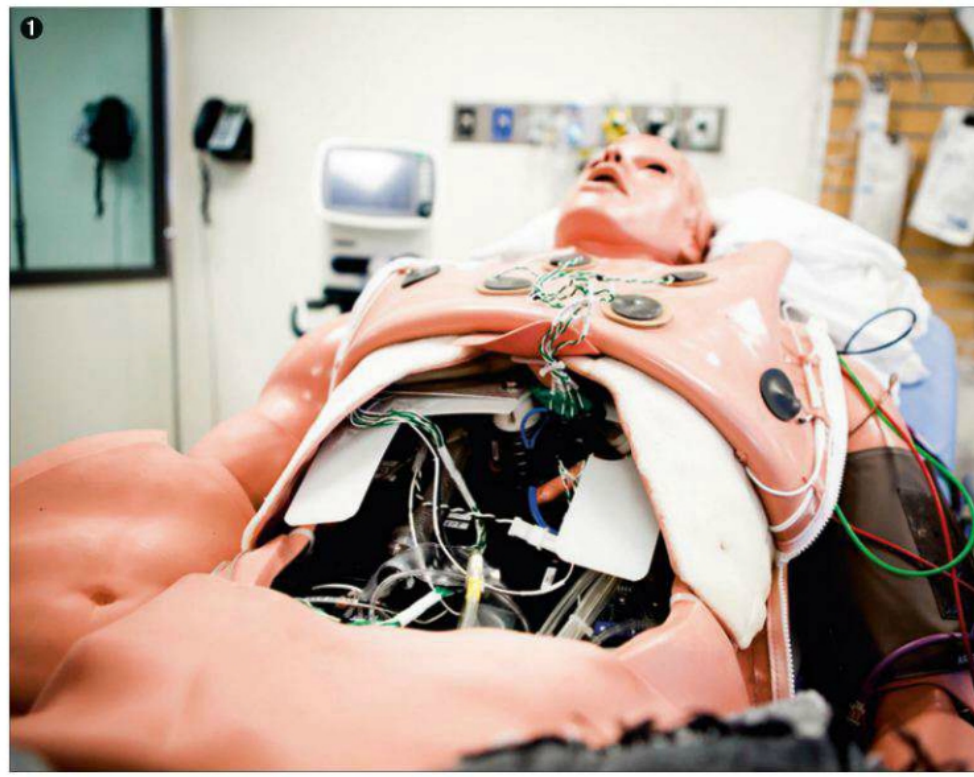
7000 soignants viennent se former chaque année dans ce centre

Fin 1999, un rapport américain (1) «To err is human » (l'erreur est humaine), affirmait ainsi que chaque année, les erreurs médicales survenant à l'hôpital étaient responsables de 44 000 à 98 000 décès… Un constat alarmant qui avait alors motivé une vaste mobilisation et donné son élan à cette nouvelle aventure pédagogique du XXIe siècle qu'est la simulation médicale. En Amérique du Nord, en Israël, en Europe du Nord et aussi, dans une bien moindre mesure, en France *(lire l'encadré p. 73)*. Au Canada, des moyens financiers importants, avec notamment une dotation de 13 millions de dollars canadiens (10 millions d'euros) du gouvernement du Québec, ont permis de très concrètes avancées. Dans cette seule province, plusieurs villes (2) sont équipées. Et ici, au cœur de la ville de Québec, c'est un véritable hôpital virtuel qui a vu le jour en 2009, lors de très importants travaux de modernisation de l'université, soutenus par la volonté de son doyen, soucieux de faire collaborer tous les professionnels de santé. Résultat : 2000 m², près d'une trentaine de salles claires et modernes réparties sur deux étages. Mais le centre n'a pas toujours connu ce luxe architectural. *« Dans les années 2000, nous étions dans le sous-sol de l'université »*, se souvient Mélanie Pelletier, chef d'équipe.

Ce matin, face aux étudiants, le Dr Jean Beaubien, enseignant et responsable du pôle anesthésie, résume la philosophie du lieu : *« Nous allons vous déstabiliser, mais pas vous piéger ! »* Car, outre l'erreur de transfusion fatale à Monsieur X, le scénario aurait pu être celui de la ●●●

●●● panne d'électricité, du défibrillateur cardiaque non rechargé, ou encore de l'alarme incendie… Côté pédagogie, les règles sont strictes. *« Nous sommes là pour aider les étudiants à progresser, à les faire réfléchir sur le travail d'équipe et la communication*, poursuit le Dr Beaubien. *Nous leur faisons prendre conscience, dans ces situations de stress, de l'absolue nécessité d'un schéma mental commun à tous, la garantie d'une bonne cohésion d'équipe. Cela suppose par exemple que le leader soit explicitement désigné et surtout qu'il accepte ce rôle. »*

Retour vers Monsieur X qui gît, cette fois littéralement abandonné, dans la salle de réanimation où chaque détail a été reconstitué avec le même soin que le bloc opératoire, les salles de travail de maternité ou les box d'urgence. *« Ces salles réservées à la simulation sont un vrai luxe »*, reconnaît le Dr Chiniara. Mais ici, on sait aussi fonctionner *a minima*. Et s'asseoir autour de simples tables sur lesquelles sont posées des portions de corps (torses, avant-bras…) pour de la simulation dite procédurale, visant à l'apprentissage d'une technique comme la pose d'un drain dans le poumon ou une banale perfusion. *« Nous appliquons la règle du* less is more [« qui peut le plus, peut le moins »]. *Tout dépend du besoin initial de formation »*, note le Dr Chiniara.



Les moyens confortables du centre permettent toutefois de ne pas lésiner sur la précieuse matière première : les mannequins. Plus ou moins réalistes selon les modèles, ils clignent des yeux, respirent, ont un cœur qui bat et peuvent être auscultés ou massés. Ces patients changent aussi de couleur selon leur état respiratoire, de fréquence cardiaque selon le médicament administré et peuvent même déclencher une allergie : des diodes Led, placées sous leur peau siliconée couleur chair, s'illuminent en cas d'éruption. Leur langue peut aussi gonfler comme lors d'un choc anaphylactique grave, et bien entendu… ils parlent. Des haut-parleurs dissimulés permettent de diffuser la voix d'un formateur complice, caché derrière un miroir sans tain. On peut aussi les faire se convulser grâce à une table vibrante. Enfin, comble du réalisme, ils pleurent : un minuscule orifice près de l'œil relié, par l'intermédiaire d'une tubulure, à une poche de sérum permet l'écoulement des larmes… Ces patients high-tech ont cependant des limites. A commencer par leur coût, de quelques dizaines de milliers de dollars à quelques centaines de milliers pour les plus perfectionnés. On estime ainsi qu'une séance « d'immersion clinique », comme celle de cette matinée, coûte environ 3000 dollars canadiens (2320 €), avec un ratio d'un enseignant pour trois étudiants contre un pour 300 dans un cours en amphithéâtre. Leur poids pose également problème : environ 90 kilos en raison de la technologie embarquée, ce qui les rend difficilement maniables. Mais tout est affaire d'entraînement.

Le temps de quelques réglages pour programmer et adapter les constantes vitales (pouls, tension artérielle…) à la nouvelle situation d'urgence, de poser une perruque grisonnante et de retoucher le maquillage, voilà Monsieur X transformé en Madame Y, une octogénaire qui s'est fracturée le col du fémur et a été victime d'un arrêt cardiaque au moment de son transfert sur un brancard vers la salle de radiographie. Des internes s'affairent autour d'elle, le défibrillateur à la main pendant

Les militaires évacuent aussi de faux blessés

A quelques kilomètres d'Apprentiss, à la base militaire de Valcartier, les mannequins ne reposent pas dans des lits douillets. Ici, dans un entrepôt gigantesque de plus de 2500 m², le plus vaste en Amérique du Nord, dans le cadre d'opérations simulées de secours civils et militaires, les soldats des forces armées canadiennes apprennent à évacuer efficacement ces faux corps. *« Notre but est de rassembler le maximum de difficultés en un endroit pour travailler "l'extraction" en milieu hostile »*, précise François Pineault, son responsable. Avec son équipe, il y fait régner la pluie et surtout le mauvais temps en simulant tempêtes de sable et de neige, incendies… Entre véritables hélicoptères, jeeps et camions militaires, le décor a prévu des plans inclinés pour se rapprocher des conditions de montagne, des échelles verticales semblables à celles que l'on trouve dans les sous-marins ou encore des tunnels d'évacuation pour faire sortir en rampant les mannequins à l'agonie. Ici, une règle : on pense toujours au pire. Des écrans géants peuvent même diffuser des images de foules hostiles, afin de rendre les interventions encore plus stressantes.

Immersion clinique

L'abdomen des mannequins contient un appareillage électronique perfectionné relié par Wi-Fi à un ordinateur, qui permet de simuler une respiration, une chute de tension, un choc médicamenteux… ❶ Des portions de corps siliconées ❷, avec ou sans fausses plaies ❸, permettent d'apprendre les gestes d'urgence. Le réalisme est poussé jusqu'au bout avec ce nouveau-né prématuré alimenté par sonde en couveuse ❹.

qu'une douzaine d'autres malades potentiels attendent, entreposés sur des étagères ou sur des lits. Comme cette femme enceinte, dont l'utérus est doté d'un dispositif mécanique reproduisant les contractions d'un accouchement normal ou pathologique. Une naissance prématurée ? Pas de problème. Un bébé mannequin très réaliste simulant un nouveau-né de moins de 30 semaines et sa couveuse sont déjà prêts. *« Nous n'improvisons jamais les situations auxquelles nous allons confronter les personnes en formation,* confirme Marie-Josée Bergeron, technicienne à Aprentiss. *L'écriture d'un scénario et sa réalisation sont très "chronophages" : six semaines environ sont nécessaires. »* Ensuite, tout se déroule comme dans la vraie vie, de manière très chronométrée, et à la seconde près.

Une vingtaine de personnes travaillent à la conception de ces tranches de vie mêlant médecine, jeux de rôle, imagination et bricolage. D'ailleurs, les armoires du centre regorgent d'accessoires habituellement réservés aux plateaux de cinéma : perruques, maquillage, costumes, mais aussi simulacres de plaies, faux pansements… *« Nous pouvons tout contrôler,* précise Patrick Potvin, un autre technicien, *du simple suintement de sang d'un pansement à l'hémorragie massive. »* Décharges d'adrénaline garanties pour tous les participants. Sous le regard discret des examinateurs, postés derrière des miroirs sans tain, scrutant les faits et gestes de leurs étudiants. Sans oublier caméras et micros, pour repasser ensuite, si besoin, les temps forts de l'action pendant les incontournables séances de « débriefage », comme on dit ici au Québec. *« Ce temps de discussion sur ce qui a été fait ou pas est bien sûr l'étape la plus importante »,* assure le Dr Chiniara.

A quelques bâtiments d'Apprentiss, cette mobilisation des différentes équipes est suivie par un psychologue, Sébastien Tremblay, responsable du laboratoire Co-DOT (Cognition Distribution Organisation Technologies). Il décrypte ce qui se dit et se passe vraiment autour des lits de Monsieur X ou de Madame Y. Pour cela, son équipe utilise des logiciels qui codifient les échanges verbaux et les traduisent en schémas et graphiques. Il faut ainsi trois heures pour analyser une séance de vingt-cinq minutes. Autre objectif du laboratoire : évaluer l'intervalle de temps entre deux séances de simulation, et ce afin d'éviter les pertes de compétence. Selon les premiers résultats, une piqûre de rappel paraît nécessaire tous les trois mois. De quoi combler les étudiants toujours très demandeurs de ces exercices, malgré l'anxiété de performance qui les ronge à chaque mise en scène… Tous sont très conscients du caractère très formateur de cette pédagogie unique, au même titre que les enseignants, qui y voient une manière d'actualiser leurs connaissances. Et tous apprécient de ne jamais faire mal à leurs curieux patients.

Sylvie Riou-Milliot, envoyée spéciale à Québec
Reportage photo : Larry Rochefort/Stigmat pour Sciences et Avenir

(1) Building a Safer Health System Institute of Medicine.
(2) Chicoutimi, Gaspé, Montréal, Sherbrooke, Trois-Rivières.

La simulation « artisanale » française

En France aussi, on fait semblant. Mais de manière plus « artisanale », selon les propres termes du rapport de la Haute Autorité de santé (HAS) rendu en janvier. La pratique hexagonale de la simulation médicale en santé y est ainsi résumée : *« Une activité répartie sur l'ensemble du territoire mais de faible intensité, des équipements pauvres, des outils disséminés et souvent peu utilisés et enfin une absence de recherche structurée. »* Toutefois, depuis la remise de ce rapport, *« cela bouge enfin, au niveau régional et national, car une volonté politique est là »,* résume le Dr Jean-Claude Granry, responsable du pôle anesthésie-réanimation au centre hospitalier universitaire d'Angers, l'un des rapporteurs du travail avec le Dr Marie-Christine Moll. Des recommandations de bonne pratique ont ainsi été rédigées depuis, *« l'idée étant de mutualiser les moyens et les compétences »,* précise le spécialiste, selon lequel, la France peut à terme rattraper son retard. *« La simulation médicale devrait y faire une entrée généralisée à l'université en 2014 »,* poursuit-il. Enseignants, étudiants et doyens sont pour. Reste à activer le levier économique. En attendant, Paris accueillera, en juin 2013, le 19e Congrès de la société européenne de simulation médicale.

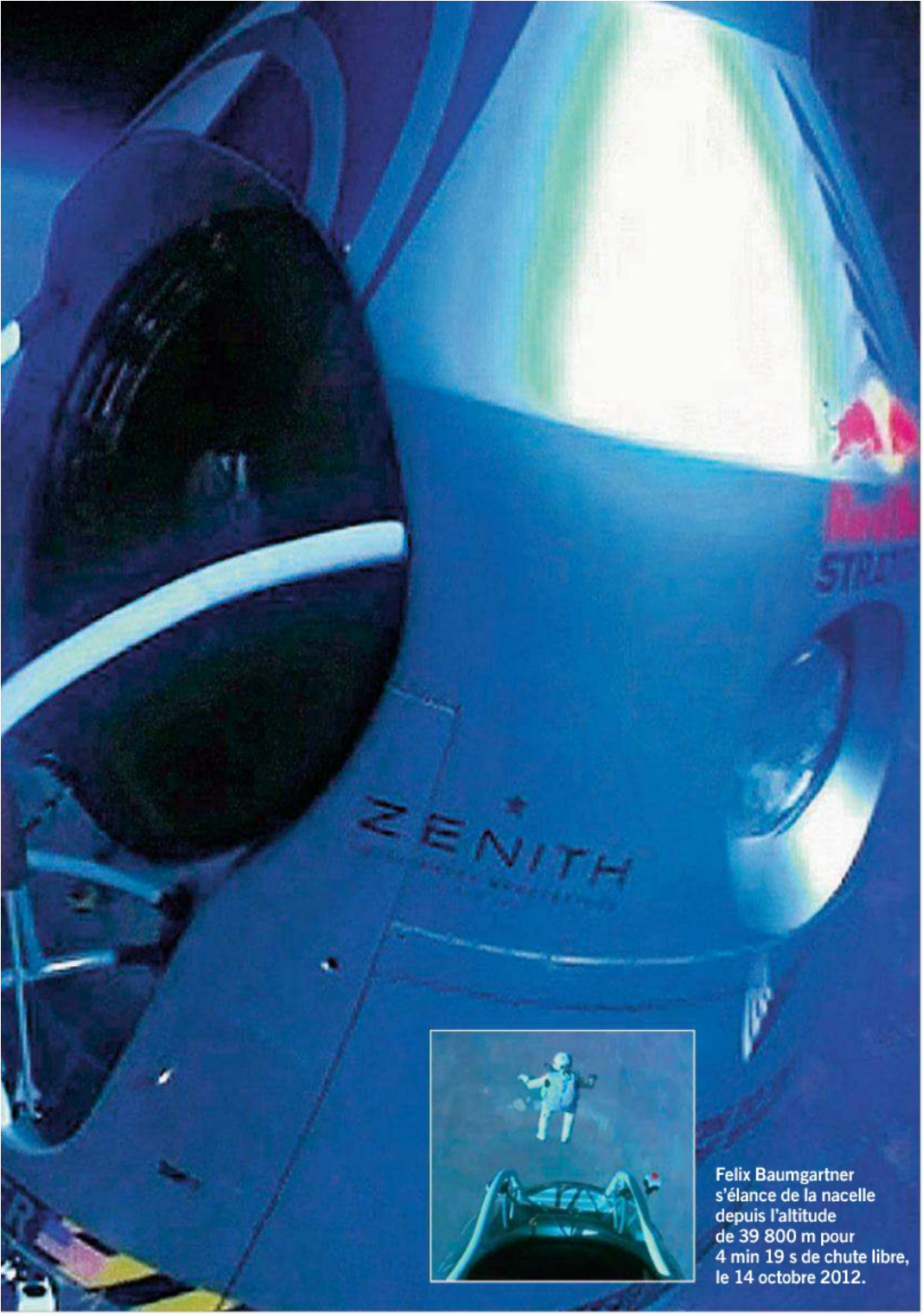
La course aux très grands sauts

Alors que l'Autrichien Felix Baumgartner est devenu le premier homme à franchir le mur du son en chute libre, le Français Michel Fournier projette de s'élancer de 40 000 m. Des exploits qui défient la science.

« **Mon rêve a toujours** *été de devenir astronaute* », proclame Michel Fournier. En 2013, il compte bien sauter depuis 40 000 m d'altitude au-dessus de la province canadienne du Saskachewan. Depuis plus d'une décennie, le Français a tout sacrifié pour s'entraîner et batttre le record du monde du plus haut saut. Mais il aura fort à faire. En effet, le 14 octobre 2012, des millions de personnes à travers le monde ont suivi en vidéo sur Internet neuf minutes et trois secondes de la vie de Felix Baumgartner. Cet Autrichien de 43 ans a réalisé un exploit inédit : sauter depuis une altitude de 38 069 m *(voir l'infographie p. 76)*.

En dix minutes à peine, l'ancien militaire parachutiste a battu pas moins de quatre records ! Jamais un ballon ascensionnel n'avait atteint une telle altitude ; nul ne s'était jeté dans le vide d'aussi haut ; aucun parachutiste n'avait subi une chute libre aussi longue (36 529 mètres) ; enfin, aucun homme n'avait dépassé 1,24 fois la vitesse du son (330 m/s). Un seul record a échappé à Felix Baumgartner : avec ses 4 minutes 19 secondes, il n'a pas effectué la plus longue chute libre, record toujours détenu, depuis 1960, par l'Américain Joseph Kittinger avec 17 secondes de mieux… même si ce dernier avait perdu connaissance pendant sa chute, ce qui n'a pas été le cas de l'Autrichien. Mais ces quelques minutes d'un dimanche après-midi ont suscité une avalanche de questions : ce saut extraordinaire, au service du marketing d'une boisson énergisante, constitue-t-il vraiment une expérience scientifique ?

Pour comprendre, revenons à ce dimanche, à 17 h 31 heure française. Celui qui porte l'inscription *« born to fly »* tatouée sur l'avant-bras est engoncé



Felix Baumgartner s'élance de la nacelle depuis l'altitude de 39 800 m pour 4 min 19 s de chute libre, le 14 octobre 2012.

AP PHOTO/RED BULL STRATOS

dans sa combinaison pressurisée – 15 kg sur les épaules –, assis dans une nacelle accrochée à un ballon rempli d'hélium. Ce gaz ayant une densité de 0,17 (1 m^3 d'hélium ne pèse que 0,17 kg, contre 1,25 kg pour l'air ambiant), le ballon s'élève par simple poussée d'Archimède et atteint 39 000 mètres d'altitude après 2 h 29 min. Huit minutes plus tard, il se stabilise à 39 068 mètres. Pendant cette ascension, Felix Baumgartner est en liaison radio avec Joe Kittinger – l'homme qui détient jusque-là le record de saut en parachute (31 300 m) – qui suit l'exploit depuis la base de contrôle de la Nasa à Roswell.

A l'instant fatidique, l'Autrichien ouvre le sas de la nacelle. Dehors, la pression atmosphérique, comparable à celle qui règne sur la planète Mars, est de 0,008 fois la pression terrestre (0,00875 bar contre 1 bar). La température flirte avec les +5 °C et il fait nuit : le bleu du ciel est dû à la diffusion de la lumière du Soleil par les molécules d'oxygène qui vibrent à la fréquence précise du bleu. Mais l'oxygène est très rare à cette altitude. Pourtant, Felix Baumgartner peut voir sous ses pieds la courbure de la Terre. Il plonge alors dans le vide, sans vitesse initiale, et entreprend sa chute libre de 4 min 19 s pour parcourir 36 529 mètres. Du point de vue technique, ces quelques minutes n'englobent pas moins de trois phases distinctes. La première débute dès que les pieds du parachutiste ont quitté la nacelle et dure environ 30 secondes : Felix Baumgartner est soumis à l'accélération de la pesanteur terrestre, le fameux g (soit 9,81 m/s^2) et, en raison de la rareté de l'air, aucune force de frottement ne le freine. Chaque seconde, sa vitesse augmente de 9,81 mètres. C'est ainsi qu'après 30 s à peine, il est à 95 % de la vitesse du son. C'est là que commence la fameuse phase dite transsonique, cette poignée de secondes où la vitesse approche celle du son, puis l'égale et la dépasse. « *Cette phase est encore très peu documentée* », précise Jean-François Clervoy, astronaute de l'Agence spatiale européenne (ESA). Lors de son exploit, Joe Kittinger avait tout bonnement perdu connaissance à ce moment-là. Paradoxalement, c'est aussi pour cette raison qu'il avait alors battu le record de chute libre, son parachute s'étant ouvert automatiquement au tout dernier moment. L'évanouissement du parachutiste en dit long sur cette phase critique.

Quatre records du monde battus en moins de dix minutes

Pendant les trente premières secondes de la chute, l'air raréfié s'écoule en effet le long du corps comme une rivière qui contournerait un rocher selon un écoulement que les physiciens qualifient de laminaire. Mais au fur et à mesure que la vitesse augmente, le régime d'écoulement devient turbulent à proximité du corps. « *Ces turbulences ne sont pas réparties de façon symétrique*, explique Jean-François Clervoy, *et provoquent des instabilités complexes : Felix Baumgartner a ainsi subi un mouvement de vrille qu'il a lui-même* ●●●

Une longue préparation pour 9 minutes d'exploit

EVITER LE JET-STREAM
La période favorable aux sauts supersoniques commence lorsque le jet-stream faiblit, normalement en mai et août. Ce flux d'air rapide peut provoquer des cisaillements de l'air lors du saut. Baumgartner est passé outre cette précaution.

VIDER L'AZOTE
L'atmosphère est composée de 80 % d'azote et 20 % d'oxygène. Au sol, les taux d'azote dans l'organisme et dans l'air s'équilibrent. Si la pression ambiante diminue, une partie de l'azote des tissus s'échappe sous forme de bulles de gaz, comme dans un verre de soda. Ces bulles peuvent endommager le système nerveux central. Pour prévenir le risque, le candidat au saut doit respirer, avant de s'élancer, pendant deux heures au moins, de l'oxygène pur afin de vider l'azote de ses poumons.

BIEN S'ÉQUIPER
La combinaison issue de la technologie spatiale, permet au parachutiste de survivre aux très basses températures. Le scaphandre est pressurisé aussi le parachutiste n'a-t-il pas besoin de bouteille.

RETARDER L'OUVERTURE
Plus on attend pour ouvrir le parachute, plus le freinage de l'air est important et moins le choc sera violent. Il faut imaginer une voiture qui freine brutalement à 200 km/h avec un risque de traumatisme des vertèbres cervicales.

40 000 m
5 °C
0,01 kg/m³

40 000 m ?
Michel Fournier
2013

38 000 m
Felix Baumgartner
2012

31 300 m
Joe Kittinger
1960

24 500 m
Evgeny Andreyev
1962

11 840 m
Colette Duval
1956

30 000 m
– 50 °C
0,01 kg/m³

STRATOSPHÈRE

COUCHE D'OZONE

20 000 m
– 60 °C
0,1 kg/m³

TROPOSPHÈRE

10 000 m
– 60 °C

0 m 20 °C 1,24 kg/m³

LA MONTÉE
Le ballon emporte la capsule à une altitude de 38 000 m en 2 h 30. L'hélium qu'il contient augmente de volume au fur et à mesure que la pression atmosphérique diminue.

PHASE TRANSSONIQUE
Au bout de 30 secondes de chute libre, Felix Baumgartner parvient à des vitesses proches de la vitesse du son puis l'égale et la dépasse.

PHASE CRITIQUE
L'atmosphère, plus dense, provoque des turbulences, il subit un mouvement de vrille. (Pour l'éviter, Michel Fournier disposera d'un parachute stabilisateur.)

STABILISATION
Freiné par l'air, il est « porté » pendant cette phase finale de la chute libre.

LA NACELLE
Habitacle pressurisé, qui peut en cas d'urgence revenir sur Terre grâce à des parachutes. A la fin du saut, la rupture du câble entre la nacelle et le ballon est déclenchée. Le ballon déchiré à son sommet retombe au sol. La nacelle est ramenée grâce à ses parachutes.

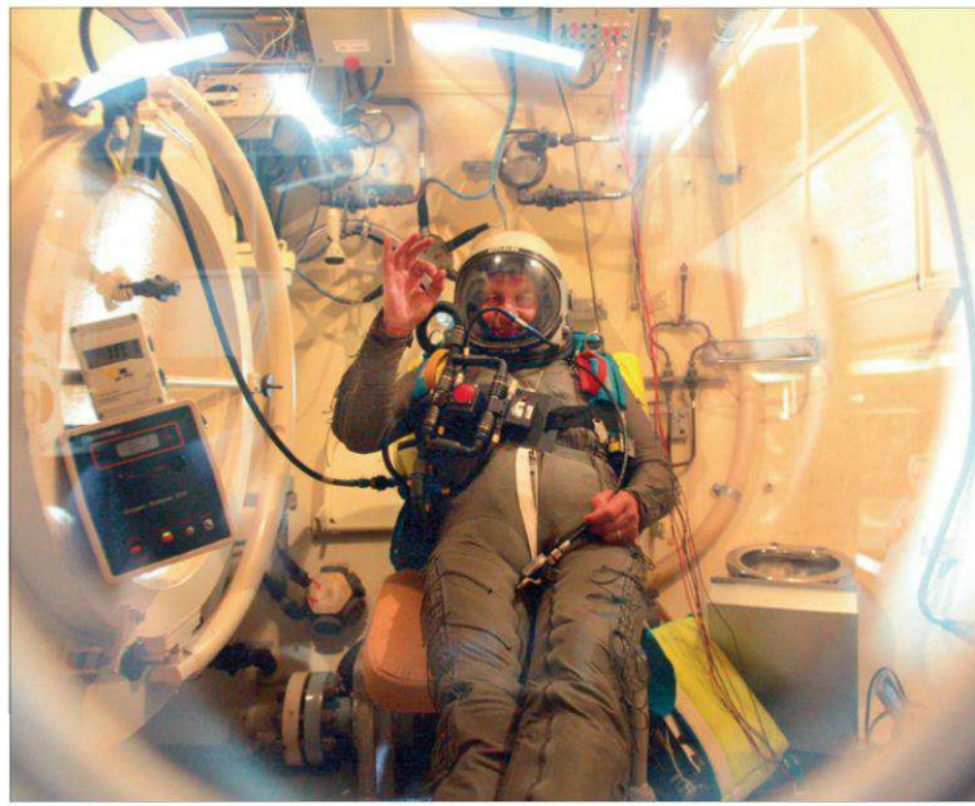
OUVERTURE DU PARACHUTE
A une altitude de 2500 m, il ouvre son parachute et se pose au sol.

SYLVIE DAOULDAL

●●● *qualifié d'insoutenable.* » Mais l'Autrichien a « tenu le coup », sans s'évanouir. Pour le Pr Henri Marotte, physiologiste spécialisé en médecine aérospatiale, cette rotation du corps autour du nombril est la phase la plus dangereuse : « *L'organisme ne parvient pas à réguler les fonctions vitales lorsque le sang est éjecté à la fois vers la tête et les pieds*, poursuit-il. *Même les fameuses centrifugeuses qui servent à l'entraînement des astronautes ne reproduisent pas ce mouvement-là*.* » Puis, Felix Baumgartner a dépassé la vitesse du son « *sans vraiment s'en rendre compte* », ajoute Jean-François Clervoy. Il n'a pas entendu le fameux « bang » supersonique qui correspond à l'onde de choc *(voir l'infographie page ci-contre)*. Produit en aval, le bang ne peut être entendu que par des témoins au sol – ici beaucoup trop éloignés. Dès lors, la vitesse du parachutiste a commencé à diminuer : l'air devenant de plus en plus dense, l'écoulement laminaire et stable a repris autour de son corps. Pour battre le record de chute libre, Felix Baumgartner a attendu autant que lui permettait son état de vigilance pour ouvrir le parachute : ce sera à 2500 m d'altitude. La suite n'est plus que routine pour l'Autrichien.

A peine l'exploit réalisé, un Français est à son tour sur les rangs : Michel Fournier, 68 ans. Ce retraité de l'armée a participé, dans les années 1980, à un programme de recherche qui l'a marqué pour le restant de sa vie. A l'époque, la DGA (Délégation générale à l'armement), avec le soutien du Cnes, l'agence spatiale française, avait constitué des équipes pour tenter de sauter de ces altitudes. C'était au temps d'Hermès, la navette spatiale développée dès 1975 par le Cnes et l'ESA, l'agence spatiale européenne, pour servir la station spatiale Colombus, aujourd'hui arrimée à la Station spatiale internationale.

Mais après l'explosion en vol de la navette américaine Challenger, en 1986, les agences décidèrent de lancer un programme pour mettre en place des techniques de sauvetage de l'équipage. En France, ce sera le programme S38, qui prévoit le saut en chute libre à 38 000 m d'altitude. Après une sélection drastique, 24 personnes s'entraînent, dont les astronautes Jean-François Clervoy, Jean-Pierre Haigneré et le parachutiste Michel Fournier. Mais seul l'essai préalable aura lieu : un mannequin bourré de capteurs sera lancé de 38 000 m d'altitude. Le projet est stoppé en 1988, tout le programme Hermès étant abandonné en 1992. « *A l'heure actuelle, ni l'Europe ni les Etats-Unis ne développent de navette qui nécessiterait des sauts depuis de telles altitudes*, explique Jean-François Clervoy. *Cependant, une telle option n'est pas exclue, et il nous faut donc absolument recueillir des informations sur ces exploits depuis ces altitudes-là.* »



MICHEL GANGNE/AFP

Michel Fournier dans un caisson simulant les conditions de pression atmosphérique à haute altitude, en 2007. Malgré une série d'échecs, le Français espère battre le record de saut en parachute durant l'été 2013.

Depuis plus de dix ans, le Français sacrifie tout pour le « Grand saut »

Pour l'instant, seuls trois jeux de données sont disponibles : celles du mannequin du projet S38, les mesures enregistrées lors du saut de l'Américain Joe Kittinger depuis 31 000 m en 1960, et celles de Felix Baumgartner, qui ne seront connues que dans quelques semaines. C'est pourquoi Michel Fournier, 8000 sauts au compteur et recordman de France de saut en chute libre avec 12 000 m, espère bien désormais fournir une quatrième série de mesures, chacune d'entre elles étant précieuse : dans ces conditions extrêmes, les détails techniques du saut diffèrent légèrement.

Bénéficiant des conseils du Pr Henri Marotte et de Jean-François Clervoy, son projet, baptisé « le Grand Saut », est lui aussi parrainé par des entreprises privées, mais aussi par 3i3S, une association internationale à but non lucratif consacrées aux applications spatiales et satellites. Mais aucune de ses tentatives n'a, jusqu'à présent abouti. « *En 2002, une mauvaise météo a tout gâché*, raconte-t-il. *En 2003, c'est la toile du ballon qui s'est déchirée. En 2008, le ballon est parti sans la nacelle. En 2010, le ballon – toujours lui – était défectueux* », déplore-t-il. D'ici à quelques mois, l'homme traversera l'Atlantique pour s'entraîner au Canada… à condition d'être parvenu à boucler son budget de un million d'euros. Une « broutille » par rapport aux 50 millions de dollars dépensés officiellement par Felix Baumgartner. Mais si Michel Fournier fait mieux que l'Autrichien, il fera bien plus que battre un record. Il réalisera le rêve de Jean-François Clervoy, qui a souvent dit : « *Je rêve de revenir de l'espace à pied.* »

Azar Khalatbari

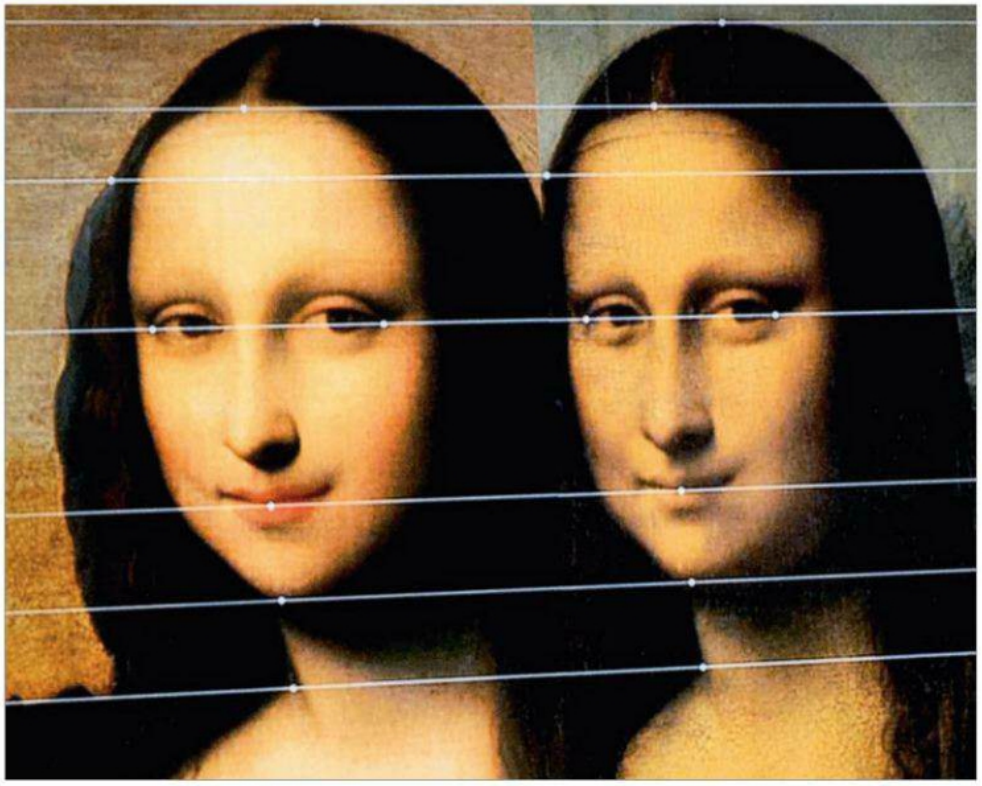
* La situation s'est produite une seule fois, à bord de Gemini VIII, piloté par Neil Armstrong avec David Scott comme coéquipier. Armstrong a pu rétablir le contrôle.

Histoire de l'art

La Joconde aurait-elle une version antérieure ?

LE CONTEXTE

Une fondation suisse affirme avoir rassemblé les preuves scientifiques qu'un tableau connu sous le nom d'*Isleworth Mona Lisa* est une version antérieure du célèbre tableau exposé au Louvre, exécutée par Léonard de Vinci lui-même. Comment a-t-elle procédé ?



FABRICE COFFRINI/AFP

La « Isleworth Mona Lisa » (à gauche) aurait été peinte quelque douze ans avant la « Joconde ».

La Fondation Mona Lisa, une organisation suisse, a annoncé en septembre ce qu'elle présente comme les résultats de trente-cinq ans de recherches sur un tableau connu sous le nom d'*Isleworth Mona Lisa* : Léonard de Vinci aurait peint onze à douze ans avant la célébrissime *Joconde* conservée au Louvre (exécutée, elle, entre 1503 et 1506), cette première version du même modèle, Monna (« madame ») Lisa Gherardini. Un choc dans le milieu des historiens de l'art car ce tableau n'avait jamais été authentifié. Redécouvert en 1913 puis conservé par un particulier à Isleworth, en Grande-Bretagne, la toile avait été acquise en 1962 par le collectionneur Henry Pulitzer avant d'être rachetée en 2008 par un consortium international. La *Isleworth Mona Lisa* n'est pas la seule « version alternative » connue du tableau le plus célèbre du monde. Mais ses grandes dimensions (64,5 cm sur 86) et sa réalisation sur toile et non sur panneau de bois l'avaient d'emblée disqualifiée.

La fondation suisse a d'abord demandé à un expert en informatique légale, collaborateur du FBI et de la CIA, de rajeunir Lisa Gherardini de onze ou douze ans à partir d'une photo haute définition de la *Joconde* du Louvre. *« Il ne disposait d'aucune autre information »*, indique la Fondation. L'expert a converti la photographie en fichier numérique et l'a retravaillée comme dans le cadre d'enquêtes criminelles. Il a ensuite reçu pour mission de comparer ce nouveau visage à des images scannées de la version d'Isleworth. Au vu du résultat, il s'agirait bel et bien de la même femme, affirme la fondation suisse.

La fondation a aussi étudié l'utilisation du « nombre d'or », cette valeur (1,618) réputée permettre de dessiner les proportions parfaites et avec laquelle Léonard aurait composé les triangles formant le visage de Monna Lisa. Cette formule stipule que l'on obtient ce nombre si, pour une longueur donnée divisée en deux parties inégales, le rapport entre le grand et le petit segment est égal au rapport entre la somme des deux segments et le grand segment. De ce calcul, on peut également déduire une spirale en forme d'escargot, appelée spirale logarithmique. La Fondation Mona Lisa en a tracé une sur le portrait d'Isleworth qui part du nez, passe sous le menton, englobe le visage et décrit une courbe sur la gauche avant de finir en bordure de la

main droite. D'un tableau à l'autre, la figure correspondrait si bien qu'ils ne pourraient être que l'œuvre d'un seul et même peintre. La fondation a enfin utilisé la numérisation multispectrale, technique inventée par la société française Lumière Technology et déjà utilisée sur la *Joconde* par le Centre de recherche et de restauration des musées de France-C2RMF *(voir* S. et A., *n° 717, novembre 2006)*. Ce procédé photographique fournit une image à 240 millions de pixels. De plus, l'appareil photo est muni de 13 filtres différents permettant de détecter des nuances invisibles à l'œil nu, selon, par exemple, que le tableau est vu à l'infrarouge ou à l'ultraviolet. L'inventeur du dispositif, Pascal Cotte, a numérisé le tableau d'Isleworth en septembre 2010. « *J'ai dû passer environ une soixantaine d'heures sur ce dossier* », précise-t-il. Mais l'ingénieur est tenu par une clause de confidentialité auprès de la fondation qui n'a pas communiqué les résultats.

Pour Martin Kemp, enseignant-chercheur en histoire de l'art à l'université d'Oxford (Grande-Bretagne), les vues du tableau obtenues par réflectographie infrarouge suffisent pourtant à ôter tout crédit à l'authentification. Cette technique révèle les sous-couches cachées par le dessin définitif. Appliquée à l'œuvre d'Isleworth, elle montrerait l'absence de repentirs (des éléments corrigés ou masqués au fur et à mesure par le peintre), contrairement à ce que des tests similaires ont révélé sur la *Joconde*. Le créateur de la Fondation Mona Lisa, David Feldman, étant à la tête d'une maison de ventes aux enchères (spécialisée en philatélie), peut-on imaginer que cette opération ait été orchestrée pour faire monter la cote du tableau ? Au Département des peintures du musée du Louvre, les conservateurs refusent aujourd'hui de s'exprimer sur le sujet, et le C2RMF affirme n'avoir aucune information sur cette *Joconde* antérieure.

Télécommunications

Des satellites de la taille d'un téléphone, pour quoi faire ?

LE CONTEXTE

La Nasa a annoncé vouloir mettre en orbite un téléphone mobile Nexus équipé du système d'exploitation Android. Dans quel but ?

C'est depuis sa base de Wallops, en Virginie, que la Nasa aurait envoyé en novembre, à bord de la fusée Antarès, un… téléphone portable ! Plus exactement, un satellite en forme de cube de 10 cm de côté, pesant 1,36 kg, conçu autour d'un smartphone Nexus One de HTC fonctionnant sous Android, le système d'exploitation de Google. L'engin est muni d'un système radio pour communiquer avec la Terre, d'un système de redémarrage, de capteurs permettant de déterminer l'orientation de l'appareil et d'un appareil photo (celui du téléphone). Appelé PhoneSat 1.0 (1), cet engin est l'un des projets de nano-satellites de l'agence spatiale, les « CubSats ». La nouveauté, c'est l'usage de téléphones : « *Notre idée est d'utiliser l'électronique de ces appareils comme ordinateur de bord et système de navigation pour des satellites*, explique David Steitz, porte-parole à la Nasa. *Et lancer de petits engins coûte moins cher car on peut les envoyer en même temps qu'un gros.* » PhoneSat 1.0, un prototype, n'a ainsi coûté que 3500 dollars à construire. Un PhoneSat 2.0 est déjà prévu pour mi-2013, avec un Nexus S de Samsung, des panneaux solaires pour une plus longue durée de vol, un système de commande depuis la Terre et des capteurs du champ magnétique terrestre.

Ces appareils seront utilisés dans le cadre de missions scientifiques et d'exploration ; reliés en Wi-Fi à une station orbitale, ils peuvent décharger les astronautes de certaines tâches (mesures, photo, etc.). Une dimension s'ajoute : les applications mobiles. « *Il serait possible de développer des applications pour un satellite, de la même manière qu'on le fait pour un smartphone* », poursuit David Steitz. La start-up Nano Satisfi est justement en train de créer son propre nano-satellite, l'ArduSat, qui sera programmable par qui voudra depuis une plate-forme en open-source. L'an prochain, le SkyCube (2) de la société Southern Stars, pourra ainsi envoyer des photos et des tweets sur les téléphones.

NASA/AMES RESEARCH CENTER

Le nano-satellite PhoneSat 1.0 n'a coûté que 3500 dollars à fabriquer.

(1) http://2doc.net/wrvmf
(2) http://2doc.net/1z14x

DERRIÈRE LES CHIFFRES

113 éléments chimiques

Derrière ce chiffre se cache une véritable compétition opposant scientifiques japonais et américains revendiquant chacun l'identification de l'élément numéro 113 au tableau périodique des éléments chimiques. L'affaire a éclaté lorsqu'une équipe nippone du centre Riken a annoncé avoir découvert cet élément superlourd, provisoirement nommé ununtrium (Uut), soit « un-un-trois » en latin. Son noyau contient 113 protons et 165 neutrons. Cet élément n'existe pas à l'état naturel, mais sa case était tout de même prévue dans le tableau de Mendeleïev qui en compte 118.

Il a pu être synthétisé mi-août après 553 jours de bombardement d'une couche de bismuth par 130 quintillions (10^{30}) d'atomes de zinc dans l'accélérateur de particules du Riken. Les scientifiques japonais ont ainsi obtenu en tout et pour tout… trois atomes, très instables, se désintégrant rapidement. Problème : une équipe russo-américaine revendique elle aussi sa production après bombardement d'une cible d'américium avec du calcium en 2003. L'Union internationale de chimie pure et appliquée devra donc trancher pour valider ces travaux.

La lampe photocatalytique antimoustiques

Un piège qui brasse de l'air

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

Lampe photocatalytique ou non, un moustique entrant dans une pièce où se trouve un humain choisira l'humain.

« **Un produit bombe !** » nous jure le commercial pour vanter l'efficacité de la lampe antimoustiques Inaday's. Elle imiterait la respiration de l'homme en produisant de la chaleur et du dioxyde de carbone – autant de signes vitaux qui attirent les moustiques – avant de les aspirer grâce à un système de ventilation intégré. Le dioxyde de carbone, censé simuler la respiration humaine, serait produit par photocatalyse de l'air grâce à un tube néon, dit à cathode froide, qui émet des rayons ultraviolets (UVA et UVB). Ce rayonnement active le dioxyde de titane (TiO_2) déposé en couche juste au-dessus du tube néon. C'est justement ce dioxyde de titane qui provoquerait une réaction de catalyse avec l'air produisant du dioxyde de carbone (CO_2).

L'activité catalytique du TiO_2 est effectivement bien connue. Elle consiste à favoriser l'oxydation d'un composé chimique à base de carbone adsorbé, c'est-à-dire fixé à la surface de la couche du catalyseur. Problème : l'air pur ne peut pas, par ce procédé, produire du CO_2 car il ne contient pas de molécules renfermant du carbone et susceptibles d'être oxydées. « *La photocatalyse doit donc se faire sur des polluants de l'air, des composés organiques volatils comme le formaldéhyde, une molécule présente dans l'air intérieur des maisons et qui provient notamment de colles utilisées dans la fabrication de certains meubles* », explique Valérie Spitzer-Keller, responsable de l'équipe photocatalyse et nanostructure au Laboratoire des matériaux, surfaces et procédés pour la catalyse, à Strasbourg.

Certes, une molécule de formaldéhyde formera par photocatalyse une molécule de dioxyde de carbone, dans le meilleur des cas. « *Mais sa concentration est très faible, de l'ordre de quelques ppm* [partie par million], *soit quelques millièmes de litres pour 1000 litres* », poursuit l'experte. Autrement dit, il sera difficile, même en tenant compte d'autres molécules présentes dans l'air intérieur et susceptibles elles aussi d'être décomposées, de produire autant de CO_2 qu'un humain qui en expire une douzaine de litres par heure. « *Donc, si un moustique entre dans une pièce où se trouve un humain, il n'y aura pas de compétition possible. Il ira préférentiellement vers l'humain, plutôt que vers la lampe. D'autant que le dioxyde de carbone n'est pas le seul composé chimique qui attire l'insecte. Il y a aussi des acides gras volatils qui font partie du bouquet d'odeurs des animaux à sang chaud* », précise Claudio Lazzari, spécialiste du comportement des moustiques à l'Institut de recherche sur la biologie de l'insecte à Tours. Et Valérie Spitzer-Keller d'ajouter : « *Pour rivaliser avec la production humaine de CO_2, il faudrait une quantité inouïe de polluants dans l'air. Et là, le problème ne serait plus les moustiques…* »

> "La production de CO_2 par photocatalyse ne peut en aucun cas rivaliser avec celle de la respiration humaine"

LE HORS-SÉRIE SUR

L'EXPOSITION ÉVÉNEMENT

du centre Pompidou

Chez votre marchand de journaux

Du grand spectacle

IMAGE/SON *Ultra-haute résolution, démesure des écrans, tablettes de plus en plus sophistiquées… les dernières technologies rivalisent d'audace pour mieux séduire.*

1 LA VOIX DE SON MAÎTRE

Une diagonale de 1,90 m pour ce téléviseur qui dispose d'un système de reconnaissance vocale et d'une caméra capable d'interpréter les gestes ou même identifier un visage. Il se commande à la voix ou d'un simple signe. En reconnaissant chaque spectateur, il adapte son comportement pour sélectionner ses programmes préférés.
► **Samsung ES 9000**
7999 €

1

2 CONTRASTE À L'INFINI

Si cet écran ne dispose « que » d'une diagonale de 1,40 m, ce qui n'a rien de révolutionnaire, en revanche sa technologie l'est. En effet, il se base sur des OLED, LED organiques, pour afficher l'image avec un taux de contraste quasi infini. De plus, son épaisseur n'est que de 4 mm… une prouesse.
► **LG 55EM9600**
8500 €

2

3 LE CASQUE BY STARCK

Commandes tactiles, insonorisation active, liaison Bluetooth, NFC pour auto-appairage avec un téléphone ou un baladeur, le Zik est une vitrine des technologies actuelles. Et son design, signé Starck, garantit un excellent confort d'utilisation.
► **Parrot Zik**
349 €

3

4 EXTRATERRESTRE

Cet ovni lenticulaire est le dernier concept de diffusion sonore conçu par Bang & Olufsen. D'un diamètre de 70 cm, tactile et sans fil, il dispose d'une puissance totale de 480 W pour diffuser la musique transmise par Wi-Fi ou AirPlay.
► **BeoPlay A9**
1999 €

4

5 ENCEINTES MINI, SON MAXI

Si les écrans sont ultraplats, les enceintes ont du mal à suivre. Sans volume interne important, elles ne peuvent restituer le grave. Le constructeur américain Klipsch a donc doté ses enceintes G-28 de quatre radiateurs passifs qui compensent leur faible volume pour le restituer correctement.
► **Klipsch G28**
1498 € la paire

5

6 LA FOLIE DE L'ULTRA

L'ultra-haute résolution est là ! En effet, Sony offre une résolution dite 4K (3840 × 2160 pixels). Comme il n'existe pas encore de source vidéo capable de délivrer une telle finesse d'image, ce sont des traitements numériques internes qui extrapolent des pixels à partir d'une vidéo HD conventionnelle, un Blu-ray par exemple. Le résultat est impressionnant mais le prix aussi.
► **Sony KD-84X9005**
26 000 €

6

8

8 CONFORT ACCRU

Une tablette maligne qui masque un clavier ultraplat sous le capot de protection de son écran. Il se transforme en support pour utiliser la tablette avec un confort proche de celui d'un ordinateur portable. Un jeu d'aimants vient alors le fixer. Enfin, le connecteur micro SDHC dont dispose la 101 XS propose d'accroître sa capacité mémoire jusqu'à 128 Go.

► **Archos 101 XS**
A partir de 379 €

7 CLAVIER LAVABLE

Le confort de frappe d'un véritable clavier reste incomparable. Aussi beaucoup de possesseurs de tablettes investissent-ils dans un clavier mécanique. Cependant le nomadisme n'est pas exempt de risque. Café ou soda renversé peuvent compromettre la vie d'un clavier ordinaire. Logitech a donc eu la bonne idée de concevoir un clavier étanche qui pourra même être lavé sans dommages.

► **Logitech K310**
39,99 €

7

9

9 AUTONOMIE RENFORCEE

Pour accroître l'autonomie de cette tablette, son clavier détachable intègre une batterie auxiliaire. Ainsi, lorsque le clavier est utilisé, l'autonomie de la tablette atteint 18 h. Par ailleurs, Acer a opté pour le nouveau système de Microsoft Windows 8 qui propose une ergonomie simple et conviviale.

► **Acer W510**
A partir de 599 €

FOCUS

La lutte des petits formats

Amazon propose sa tablette Kindle Fire HD, dotée d'un écran HD 7", à un prix serré (199 €). Elle peut exploiter la riche bibliothèque de ce fournisseur de contenus grâce à sa fonction liseuse. Mais, elle reste très liée à ses services et un compte Amazon est obligatoire pour bien l'utiliser. Google, pour sa part, présente, en collaboration avec Asus, la très attendue Nexus 7 au même tarif (199 €) et aux performances comparables : même écran notamment.Elle aussi privilégie les services « maison ». Enfin, Apple vient de présenter l'iPad Mini. Apple store et iTunes sont dès lors incontournables. Mais l'iPad Mini est plus cher (339 €) et son écran de 7,9" reste au format 4/3, comme celui des iPad de génération antérieure, contre un format 16/9 pour les tablettes sous Android.

VINTAGE *Les designers jouent de plus en plus la carte de la nostalgie, même pour les équipements high-tech qui font du neuf avec de l'ancien.*

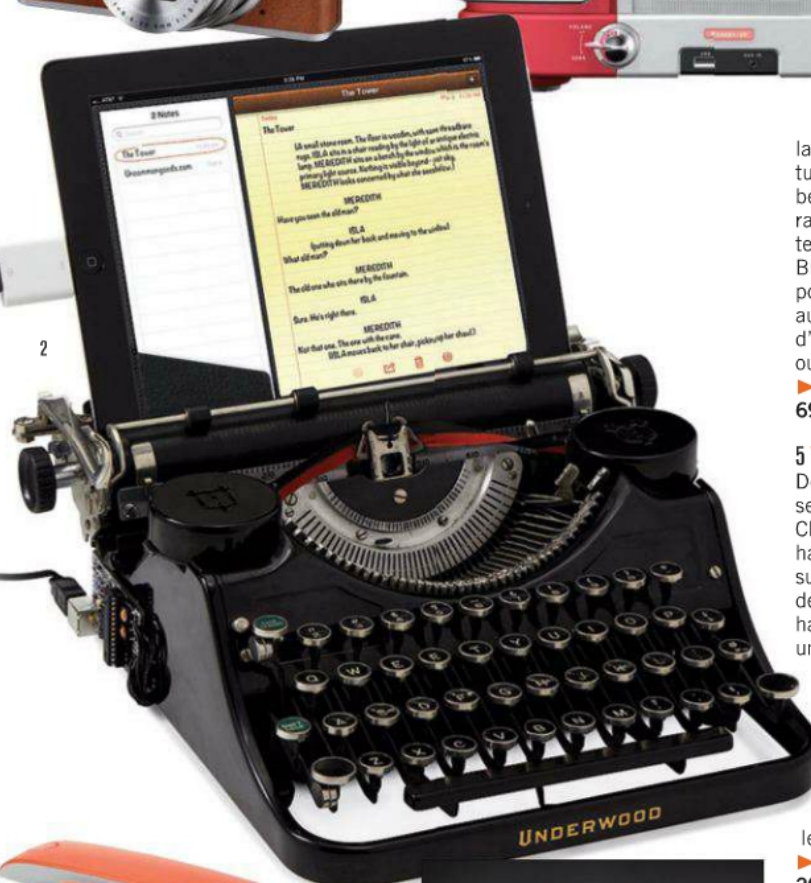
Quand techno rime avec rétro

1

1 LA TOUCHE SIMILICUIR

Un compact numérique haut de gamme tout en finesse. Son objectif 25-100 mm (en équivalent 35) dispose d'un zoom optique manuel réglable par rotation de sa bague. A noter que les matériaux de son boîtier ont été sélectionnés avec soin : aluminium, léger mais résistant, et similicuir au toucher proche de celui du véritable cuir. Enfin, pour s'adapter à chacun, le XF1 se décline en trois couleurs : noir, rouge et cuir gold.

► **Fujifilm XF1**
499 €



2

2 MACHINE À ÉCRIRE POUR IPAD

Vous possédez encore une ancienne machine à écrire ? Ce kit vous propose de la transformer en clavier pour iPad. Elle pourra également faire office de clavier USB pour tout ordinateur Mac ou PC. iPad Typewriter

► **USB Typewriter**
A partir de 42,56 € le kit de transformation

3

3 FAN DES FIFTIES

Ce téléphone sans fil reprend les lignes des combinés des années 1950 épurées version XXIe siècle. Il en va de même pour sa technologie qui, outre une transmission numérique DECT, lui confère la fonction de répondeur. Disponible en noir, blanc, orange et rouge.

► **Logicom Retro**
59,90 €

4

4 LES TUBES FONT LE SON

Cette station d'accueil en bois associe amplification numérique, pour disposer d'une puissance de 100 W, et sections à lampes. Une alliance qui permet aux nostalgiques de retrouver la chaleur du « son tubes ». Néanmoins, elle bénéficie des derniers raffinements technologiques dont Bluetooth et AirPlay pour accéder sans fil aux contenus d'un iPad, d'un baladeur ou d'un ordinateur.

► **Samsung DA-E750**
699 €

5

5 TOUT EN UN

Derrière ces lignes rétro, se dissimule un combiné CD, Tuner et USB de haute qualité. Il se base sur la technologie VBB, de Teac, combinant deux haut-parleurs associés à un subwoofer interne afin de leur offrir un renfort dans le grave. Enfin, le SL-D920 enregistre les CD, ou les diffusions radio, sur une clé USB comme le faisaient les radiocassettes.

► **Teac SL-D920**
299 €

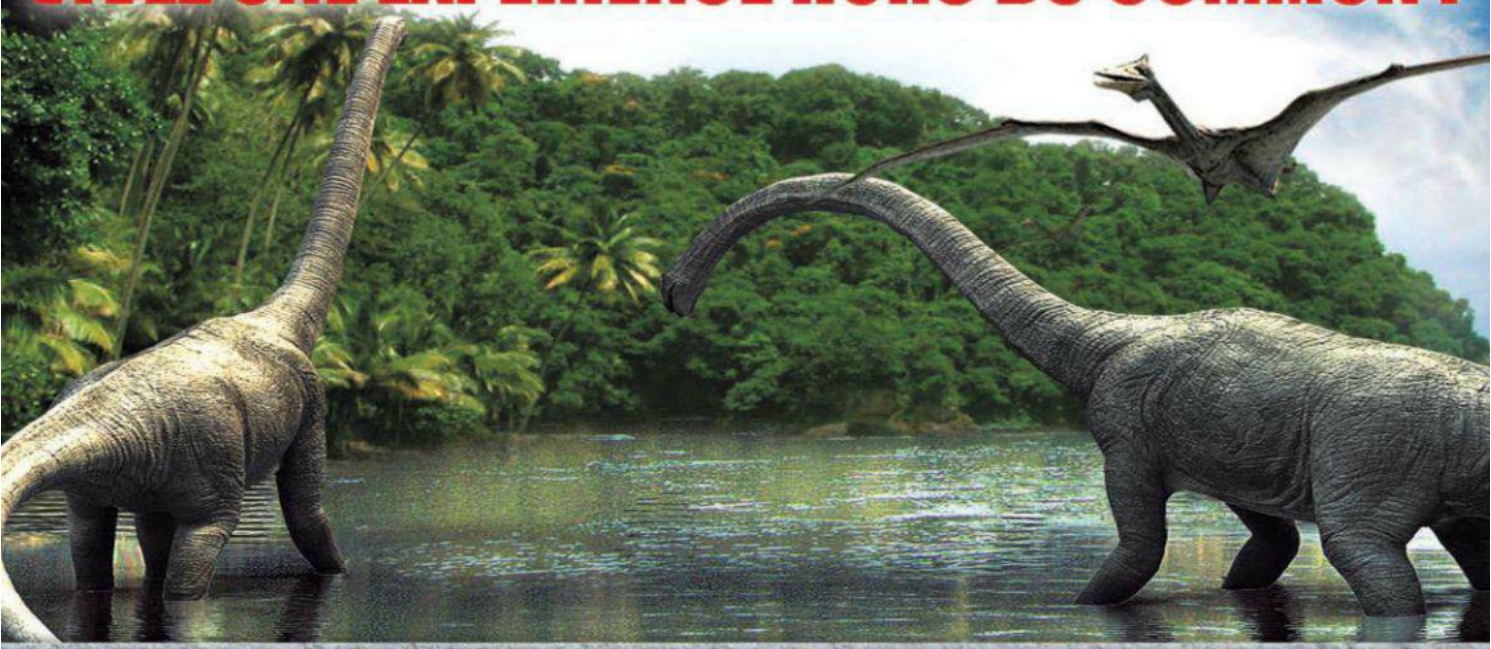
6

6 PIÈCE UNIQUE

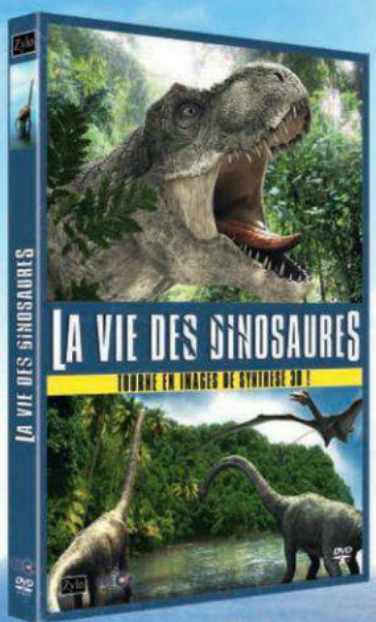
Les enceintes sphériques d'Elipson, qui ont notamment équipé les studios de l'ex-ORTF, ont fait la réputation de cette marque française. Conçues en collaboration avec Maurizio Galante et Tal Lancman, les Carrara sont réalisées à la demande et chaque pièce est unique.

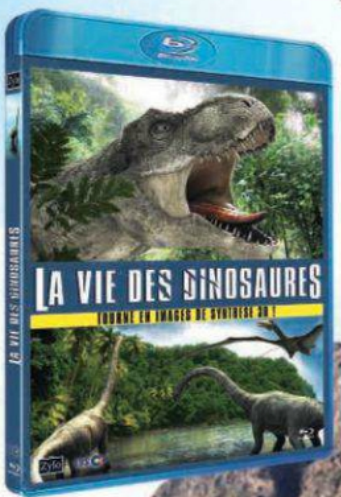
► **Elipson Planet Carrara**
A partir de 5000 €
la paire

VIVEZ UNE EXPÉRIENCE HORS DU COMMUN !



À l'aide d'impressionnantes images de synthèse 3D mélangées à un tournage en HD, LA VIE DES DINOSAURES nous replonge à l'ère préhistorique, lorsque les dinosaures dominaient la planète.





Disponible en DVD et Combo Blu Ray+DVD le 4 Décembre 2012

Zylo

www.zylo.net

NOMADE *Téléphonie mobile, Internet et réseaux sociaux nous habituent à rester toujours en contact avec nos proches. Une fonction que met en avant un nombre croissant d'équipements.*

Smartphones à tout faire

1 GANTS MAINS LIBRES
Dernière production de l'italien Hi-Fun, ces gants disposent d'un transmetteur Bluetooth, d'un écouteur et d'un micro qui les transforment en kit mains libres. Ils sont aussi compatibles avec les écrans tactiles : idéal pour éviter les engelures sur les pistes.
► **Gants Hi-Call**
59 €

2 PLUS JAMAIS EN PANNE
En dépit de sa taille (6 × 2,7 × 1,5 cm) et de son poids (14 g), cette petite batterie déguisée en porte-clés vole au secours d'un téléphone mobile en cas de panne sèche pour lui offrir un surcroît d'autonomie de 90 min.
► **Batterie Energizer**
24,99 €

3 DEUX EN UN
L'écran tactile de ce compact se comporte comme une tablette Android. Il propose de naviguer sur le Web ou de partager ses clichés sur les réseaux sociaux. Et c'est un véritable appareil photo, doté d'un zoom puissant (21 ×).
► **Samsung Galaxy Camera**
550 €

1

2

3

FOCUS

Le bonus de l'écran
Une nouvelle mouture de l'iPhone dont l'écran s'agrandit. Son nouveau connecteur le rend inadaptable aux stations d'accueil de ses prédécesseurs. Seul petit point noir : l'iPhone 5 n'est pas compatible avec la 4G européenne.
► Apple iPhone 5
A partir de 799 €

L'atout du design
Un design élégant pour le 920 qui fonctionne sous Windows Phone 8. Il adopte le sans-fil pour recharger la batterie par induction : il suffit de le poser sur un « coussin ». Compatible 4G, il est doté d'un appareil photo de haute qualité.
► Nokia Lumia 920
A partir de 649 €

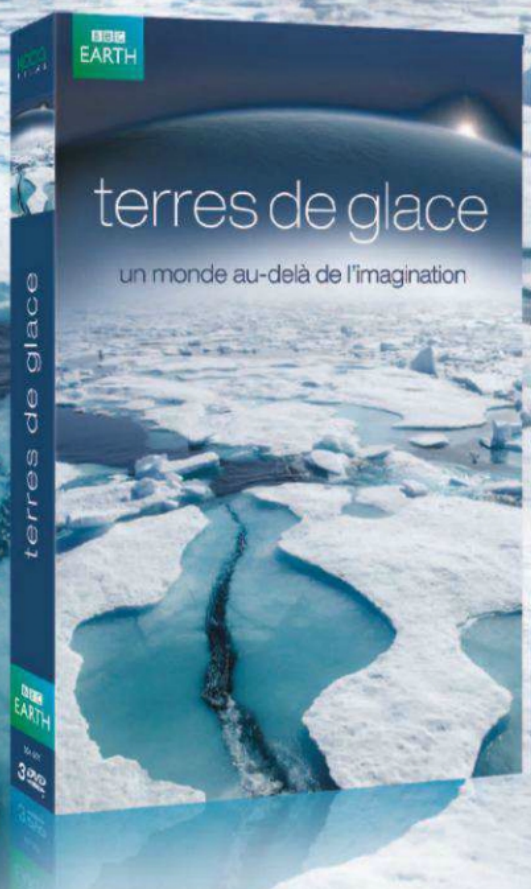
L'intuitivité en plus
Le Galaxy S III mise sur l'interaction et l'intuitivité. Sensible aux mouvements, à la voix, capable de suivre le regard et de reconnaître un visage, il s'adapte en permanence. Côté système d'exploitation, c'est Android 4 qui l'anime.
► Samsung Galaxy S-III
A partir de 649 €

PAR LES PRODUCTEURS DE
LA PLANÈTE BLEUE ET **PLANETE TERRE**

terres de glace

LE SPECTACLE POLAIRE
EN HAUTE-DÉFINITION

Quatre ans de tournage, dans des conditions souvent extrêmes, ont été nécessaires pour dresser cet ultime portrait des régions polaires à la beauté immaculée. Des images magnifiques récompensées aux BAFTA Awards. Une des meilleures séries documentaires jamais produite par BBC.



« **OUBLIEZ TOUT CE QUE VOUS AVEZ DÉJÀ VU SUR LE SUJET** »
CINE TÉLÉ OBS

+ 1H30 DE BONUS

BBC

20 minutes

COFFRET 3 DVD VIDEO et 3 Blu-ray Disc
EN VENTE PARTOUT ET SUR WWW.KOBAFILMS.FR

SCIENCES AVENIR

koba FILMS

Film : © 2012 BBC Worldwide Ltd. Photos : © Daisy Gilardini et Elizabeth Wilson

LOISIRS *Qu'ils nous assistent, nous informent ou nous distraient, des objets de plus en plus étonnants font désormais partie de notre quotidien.*

Cabinet de curiosités 2.0

1 ROBOT LÈCHE-VITRES
Ce robot, conçu par E. Zicom, est aux baies vitrées ce que les robots aspirateurs sont aux sols. Ses deux éléments sont maintenus accolés, sur chaque face du vitrage, grâce à des aimants. Outre la vaporisation d'une solution de nettoyage et l'utilisation de patins en microfibres, des racloirs garantissent un nettoyage de la vitre jusque sur ses bords.
► **E. Ziclean**
499 €

2 COACH AU POIGNET
Cette montre combine les données issues de son récepteur GPS et celles du capteur Nike+, logé dans la chaussure, pour délivrer des informations précises. Il est ainsi possible de vérifier ses progrès, de se fixer des objectifs…
► **Nike+ SportWatch GPS**
169 €

3 LAPINS PORTATIFS
La nouvelle console de salon de Nintendo Wii-U se caractérise par une manette dotée d'un écran tactile. Si son boîtier principal, à connecter au téléviseur, délivre une image HD, la manette se transforme en console portative reliée au réseau Wi-Fi.
► **Nintendo Wii-U**
299 €

4 CAMÉRA ESPION
Le petit robot SPY-C Tank de Logicom Robotics se faufile partout pour transmettre, en Wi-Fi, les images que tourne sa caméra frontale. Pilotable depuis un iPad ou une tablette Anfroid, il évolue dans un rayon de 60 m et possède un système de vision nocturne.
► **Robot SPY-C Tank**
149,90 €

5 CONSOLE TACTILE
La dernière-née de Sony est-elle encore une console de jeu ? Dotée du Wi-Fi, voire de la 3G, elle propose des fonctionnalités connectées proches de celles d'une tablette. Et elle dispose d'un écran tactile qu'exploitent de nombreux jeux.
► **PlayStation Vita**
249 € (299 € version 3G)

6 CONNEXION DISCRÈTE
Présentée par Sony, cette montre communique en Bluetooth avec tout smartphone Android et en reprend les principales applications pour y accéder sans sortir le téléphone de sa poche.
► **SmartWatch**
120 €

7 MÉTÉO PERSO
Cette station météo pour iPhone et iPad possède deux capteurs : intérieur et extérieur. Outre la température l'hygrométrie et la pression atmosphérique ils mesurent le taux de CO_2 et le niveau de bruit. Une application affiche ces données et leur historique.
► **Netatmo**
176 €

Une OFFRE EXCEPTIONNELLE pour les lecteurs de SCIENCES ET AVENIR

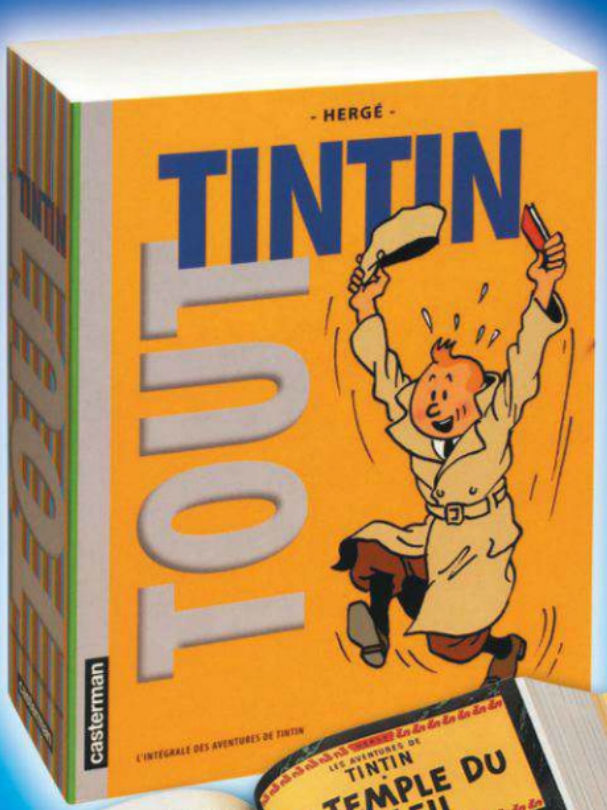
L'INTÉGRALE DES AVENTURES DE TINTIN

EN UN SEUL VOLUME

Seulement 77€

Frais d'envoi COLISSIMO OFFERTS

Ce volume collector rassemble la totalité des 24 albums de Tintin, écrits et dessinés par Hergé, depuis *Tintin au pays des Soviets* jusqu'à *Tintin et L'Alph-Art*.
1694 pages d'aventures et de suspense pour rêver, rire et voyager.
Format : 193 x 250 mm.



© Hergé/Moulinsart 2012 - Casterman 2012

Toute notre équipe reste à votre disposition par téléphone au : **01 40 26 86 10** ou www.objetdumois.com

L'OBJET du mois
www.objetdumois.com

BON DE COMMANDE

A retourner accompagné de votre règlement sous enveloppe affranchie à : L'OBJET DU MOIS • Relations Clients • 18, rue Couste • 94230 CACHAN

Produit	Référence	Quantité	Prix	Total
L'INTÉGRALE DES AVENTURES DE TINTIN	T141-11176		77 €	€
Frais d'envoi COLISSIMO 72H			~~7,90 €~~	OFFERTS
Total de ma commande				€

LIVRAISON 72H après traitement de votre commande. Offre valable en France métropolitaine.

☐ Je règle par chèque à l'ordre de l'Objet du Mois

☐ Je règle par carte bancaire

N° | | | | | | | | | | | | | | | | |

Date d'expiration : | | | | Cryptogramme : | | |
(3 derniers chiffres au dos de la carte)

SIGNATURE

ADRESSE DE LIVRAISON

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code Postal : | | | | | Ville : _____

E-mail : _____ @ _____

Pour un meilleur suivi de votre commande et pour recevoir les offres exclusives de l'Objet du Mois uniquement, merci de nous indiquer votre adresse e-mail.

S790A-A11
E1

Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant.

Jupiter au firmament

Où sont les planètes ?

Mercure se lève une heure et quarante-cinq minutes avant le Soleil le 1er. Elle est très facile à voir à l'œil nu, une heure avant le jour, dans un ciel à peine coloré à près de 5° de hauteur au-dessus de l'horizon est-sud-est. Elle atteint son élongation maximale le 4 à plus de 20° du Soleil. Son éclat (magnitude -0,7) permet de la repérer jusqu'au 20 à l'œil nu et jusqu'à Noël avec des jumelles.

Vénus se lève deux heures et demie avant le Soleil le 1er et seulement une heure et demie avant le 31. Son éclat puissant (magnitude -4) migre progressivement vers le ciel orangé de l'aube, au-dessus de l'horizon sud-est. Vénus quitte la Balance avant Noël, traverse rapidement le nord du Scorpion et achève l'année au sud d'Ophiuchus.

Mars se couche deux heures après le Soleil durant tout le mois. Elle passe du Sagittaire au Capricorne et il faut chercher son petit point (magnitude 1,6) à quelque 5° de hauteur au-dessus du sud-ouest à la fin du crépuscule nautique, lorsque le Soleil est à 12° sous l'horizon.

Jupiter est au mieux de sa forme. Elle passe à l'opposition le 3 et brille magnifiquement dans le Taureau (magnitude -2,8). Elle se lève au coucher du Soleil et se couche à l'aube.

Saturne se lève près de trois heures avant le Soleil le 1er et de cinq heures avant le 31. Matin après matin, elle s'éloigne de l'horizon est-sud-est à l'orée de l'aube et ses conditions d'observation s'améliorent ; il faut un grossissement d'une trentaine de fois au minimum pour parvenir à distinguer ses anneaux. Le 6, pour la première fois depuis le 3 septembre 2009, elle quitte la constellation de la Vierge pour s'avancer dans la Balance.

Jupiter passe à l'opposition le 3 décembre.

THESKY

Phénomènes à noter

Bien installée dans la constellation du Taureau, Jupiter, la planète géante du système solaire, est parfaitement située pour l'observation dans les instruments d'amateurs. Elle passe au-dessus de l'horizon sud en milieu de nuit à plus de 60° de hauteur, il est donc aisé de la repérer, même en ville ou dans des sites encaissés. Une lunette de 60 mm permet d'admirer le ballet de ses quatre principales lunes – Io, Europe, Ganymède et Callisto –, ainsi que les bandes plus sombres des formations nuageuses qui enveloppent ses tropiques.

Où se trouve l'ISS ?

La Station spatiale internationale est visible à l'œil nu en début de nuit à partir du 10, vous pouvez suivre jusqu'à 2 passages par jour en France métropolitaine. Pour obtenir des horaires de passages précis pour n'importe quel point d'observation, consultez ce site :

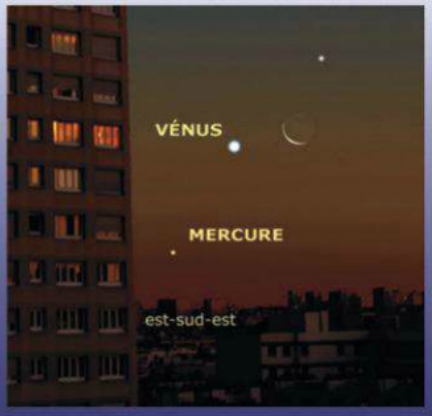
www.leguideduciel.net/on2012

ZOOM

UNE PLUIE D'ÉTOILES

L'essaim d'étoiles filantes des Géminides est l'un des plus riches de l'année et il atteint son maximum entre le 13 et le 15. En cette fin d'automne, nous avons la chance de pouvoir l'observer dans un ciel sans Lune, alors éloignez-vous des lumières urbaines pour en profiter ! La constellation des Gémeaux se lève en début de soirée à l'est-nord-est et les Géminides, souvent très brillantes et longues, peuvent parcourir quasi toute la voûte céleste.

A OBSERVER



Le 11, une heure et demie avant le lever du Soleil

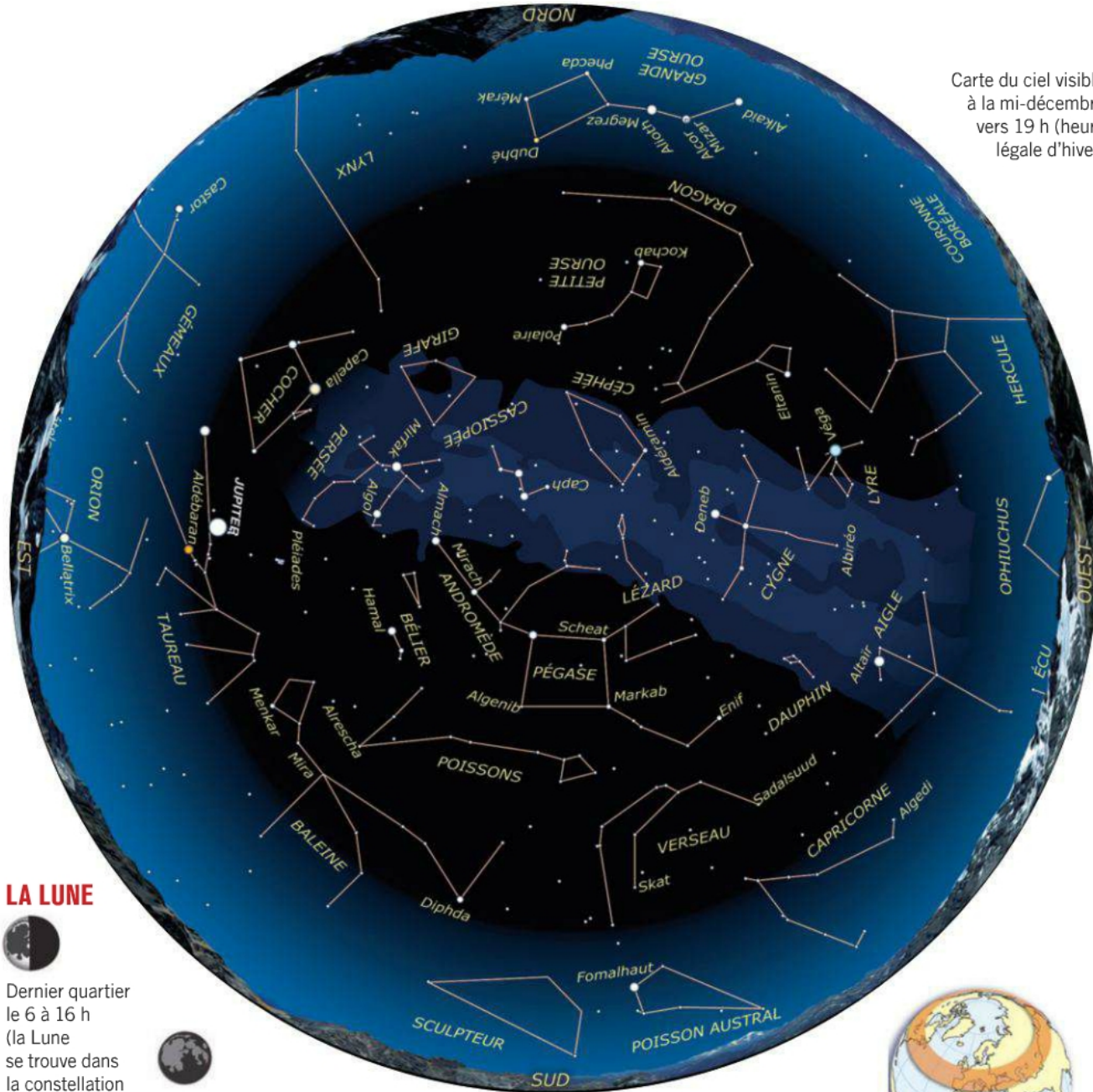
Choisissez un belvédère donnant sur l'horizon est-sud-est pour admirer ce magnifique rapprochement entre Vénus, Mercure et le croissant lunaire.

Le 15, une heure et quart après le coucher du Soleil

Vous pouvez trouver le point orangé de la planète Mars juste en dessous du sourire de la jeune Lune. Les deux astres sont à près de 6° d'écart.

Au cours de la nuit du 25 au 26

La Lune gibbeuse croissante passe à 0,5° de l'éclat jovien dans le Taureau. Ce couple éblouissant domine alors largement l'horizon sud-ouest.



Carte du ciel visible à la mi-décembre vers 19 h (heure légale d'hiver)

LA LUNE

Dernier quartier le 6 à 16 h (la Lune se trouve dans la constellation du Lion)

Nouvelle Lune le 13 à 9 h (Ophiuchus)

Premier quartier le 20 à 6 h (Poissons)

Pleine Lune le 28 à 11 h (Gémeaux)

A Paris, le Soleil se lève à 8 h 23 le 1er décembre et à 8 h 44 le 31 ; il se couche à 16 h 56 le 1er et à 17 h 03 le 31.

COMMENT UTILISER CETTE CARTE

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.

D'OÙ VOIR LE CIEL

Notre carte, tracée pour une latitude de 45° nord, montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 38 à 52° de latitude nord. L'étoile Polaire sera plus haute dans le ciel si vous êtes à plus de 45° nord, et plus basse dans le cas contraire.

Tous les instants de cette rubrique sont exprimés en heure légale d'hiver (temps universel + 1 h).

EXPOSITION PARIS

Le globe à portée de cartes

La BnF expose des cartes marines enluminées, œuvres d'art polychromes. L'occasion de replonger dans les Grandes Découvertes.

Les plus belles cartes marines n'ont jamais navigué ! Dessinées à terre, elles étaient conservées et consultées par tous les souverains, officiers et commerçants intéressés par la découverte de nouveaux territoires. Mais peu par les marins eux-mêmes. Et c'est sans doute grâce à cet étonnant paradoxe que l'on peut encore admirer ces trésors, aujourd'hui présentés par la Bibliothèque nationale de France.

Réalisées entre le XIVe et le XVIIIe siècle par des savants, principalement en Allemagne et en Hollande, ces cartes enluminées, véritables œuvres d'art polychromes souvent rehaussées d'or, témoignent non seulement des connaissances accumulées par les navigateurs au fil des voyages, mais aussi d'une volonté scientifique et politique de se représenter ces nouveaux mondes… afin de mieux se les approprier. De la Méditerranée à l'Amérique en passant par l'océan Indien et ses îles à épices, elles racontent la grande aventure qui a projeté les Européens vers l'inconnu et a changé la face du globe.

Si l'exactitude n'est pas toujours de mise – il faut attendre le XVIIIe siècle pour déterminer la longitude de façon fiable –, ces documents sont remarquables par la finesse de leur exécution, la richesse de l'iconographie et l'exhaustivité des informations qui y ont été portées : portraits et blasons, animaux réels ou fantasmés, flore exotique, paysages, rituels… Parmi ces 80 chefs-d'œuvre exhumés de la collection de la BnF – la plus importante au monde – figurent quelques pièces particulièrement émouvantes. Non loin de la Carte pisane, considérée comme le premier portulan occidental (XIIIe siècle), on admire l'Atlas catalan, réalisé pour le roi de France Charles V vers 1375 et présentant le monde alors connu en six parchemins sur bois dont deux contenant des représentations cosmographiques et astrologiques. De vénérables instruments astronomiques, objets ethnographiques et même le célèbre Globe vert (réalisé à Saint-Dié en 1507) désignant pour la première fois le Nouveau Continent sous le nom d'America, viennent enrichir un extraordinaire voyage dans l'espace et dans le temps.

Vincent Réa

BNF, DÉPARTEMENT DES CARTES ET PLANS

Portulan de l'océan Atlantique et de l'Amérique, de Pierre de Vaulx (1613).

L'Age d'or des cartes marines. Quand l'Europe découvrait le monde. BnF, quai François-Mauriac, jusqu'au 27 janvier 2013. Rens. : 01.53.79.49.49.

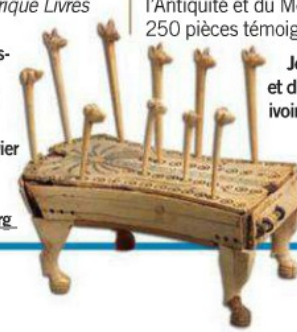
EXPOSITIONS

PARIS

Dans les coulisses du Muséum : les paléontologues
Reportage photo de Jacques Vekemans consacré à deux chantiers de fouilles, l'un en Belgique, à Strud, l'autre en Charente, à Angeac, mettant en avant l'action, la méthodologie et les outils des paléontologues.
Jardin des Plantes, grilles de l'école botanique, 57, rue Cuvier, jusqu'au 12 mai 2013. Rens. : 01.40.79.56.01.

Tara Expéditions, à la découverte d'un nouveau monde : l'océan
Sur les quais de la Seine, à proximité du point d'amarrage de la goélette d'exploration *Tara* (qui a réalisé huit expéditions depuis 2003 sur le thème « Océan et changement climatique »), une exposition retrace les différentes missions de Tara Expéditions. Installée dans des containers maritimes, elle met notamment l'accent sur ses résultats en Arctique et sur l'étude du plancton marin. Le pont du bateau est accessible durant les week-ends, avec des visites guidées menées par l'équipage. *(Lire aussi notre rubrique Livres p. 95.)*
Port des Champs-Elysées, rive droite, pont Alexandre-III, jusqu'au 27 janvier 2013. Rens. : www.taraexpeditions.org

Art du jeu, jeu dans l'art, de Babylone à l'Occident médiéval
Une exploration des jeux de hasard et de stratégies, omniprésents dans la vie quotidienne des hommes de l'Antiquité et du Moyen Age. 250 pièces témoignent de leur association à des thématiques telles que la puissance, l'amour, l'art divinatoire et la notion de destin.
Musée de Cluny, 6, place Paul-Painlevé, jusqu'au 4 mars 2013. Rens. : 01.53.73.78.00



Jeu du chien et du chacal en ivoire et ébène, Egypte, 1810-1700 avant J.-C.

MOMA, DIST RMN

Mondes électriques
L'histoire et la géographie des usages de l'électricité depuis la fin du XIXe siècle au travers d'objets, de films et de photos, structurée selon trois axes : la fée

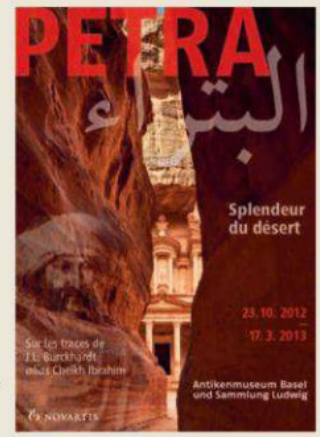
électricité, la disparité des mondes électriques actuels, les solutions nomades.
Espace fondation EDF, 6, rue Récamier, jusqu'au 17 mars 2013. Rens. : 01.53.63.23.45.

CAEN
Zoom
Une exploration de la nature intime de la matière s'appuyant sur six machines interactives dotées d'écrans tactiles, de capteurs Kinect, de dispositifs de réalité augmentée, consacrées aux briques élémentaires de la matière, à la condensation de la matière ou bien encore aux rayonnements.
Les Conteneurs, presqu'île de Caen, quai François-Mitterrand, jusqu'au 20 janvier 2013. Rens. : 02.31.06.60.50.

LYON
Lyon au XVIIIe, un siècle surprenant
Au sein de cette grande exposition, une salle est entièrement dédiée aux expérimentations scientifiques. On y découvre notamment le *Pyroscaphe*, le premier bateau à vapeur, conçu par le marquis Jouffroy d'Abbans en 1783, les premières expériences de vol habités par les frères Montgolfier ou encore la création de la première école vétérinaire au monde.
Musée Gardagne, 1, place du Petit-Collège, jusqu'au 5 mai 2013. Rens. : 04.78.42.03.61.

STRASBOURG
Croquer à belles dents
A travers l'observation de crânes, le Musée zoologique entend répondre à des questions simples : qu'est-ce qu'une dent ? Chaque dent a-t-elle une fonction précise ? Que peut nous apprendre la composition d'une mâchoire ? Sans oublier les animaux qui… ne sont pas pourvus de dents.
Musée zoologique, 29, bd de la Victoire, jusqu'au 6 janvier 2013. Rens. : 03.68.85.04.85.

Exposition BÂLE
Perle nabatéenne



DR

Sous-titrée « Sur les traces de J. L. Burckhardt », cette exposition suisse rend hommage au Bâlois qui prit l'identité d'un marchand oriental en se faisant appeler Cheikh Ibrahim et qui redécouvrit la ville de Pétra il y a 200 ans, alors qu'elle était tombée dans l'oubli en Occident. Elle présente notamment les résultats des recherches archéologiques récentes, avec près de 150 objets en provenance des musées jordaniens. Ils sont complétés par des reconstructions virtuelles et diverses maquettes tentant d'expliquer l'origine des Nabatéens, un peuple antique de nomades qui se sédentarisa, il y a de cela 2000 ans, dans le sud de l'actuelle Jordanie. **M. N.**
Pétra, splendeur du désert. Antikenmuseum Basel und Sammlung Ludwig, ST. Alban-Graben 5, Suisse, jusqu'au 17 mars 2013. Rens. : +41 (0)61.201.12.12.

VILLENEUVE-D'ASCQ
Le Cabinet des curiosités
Des objets insolites : instruments, plantes fossiles, animaux naturalisés, etc. accumulés par la faculté des sciences de Lille depuis 1854.
Cité scientifique, Espace culture, jusqu'au 21 décembre. Rens. : 03.20.43.69.09.

BRUXELLES
Préhistoire, do it yourself !
Quatre espaces (tailler la pierre, chasser, travailler la peau, faire du feu) dans lesquels les enfants sont invités à revêtir le rôle d'un chasseur-cueilleur.
Muséum des Sciences naturelles, rue Vautier 29, jusqu'au 26 mai 2013. Rens. : +32 (0)2.627.42.38.

Exposition PARIS
Robots à gogo

Nao, conçu en France, est utilisé dans les laboratoires de recherche du monde entier.

ALDEBARAN

Non, en 2012, les robots ne nous servent pas comme des domestiques à la maison. Tout au plus certains passent l'aspirateur ou lavent les vitres, mais ils ne ressemblent en rien au robot humanoïde imaginé dès les années 1930 par Westinghouse et qui avait fait rêver d'un futur où notre humanité serait accompagnée de semblables mécaniques. Constat d'échec que devraient dresser nos ingénieurs ? La réalité est bien différente : prenant la suite des automates qui ont connu leur heure de gloire au XIXe siècle, les robots ont revêtu des formes multiples pour des usages très précis. C'est le propos de cette exposition : montrer qu'il existe autant de types de robots que d'environnement dans lequel ils évoluent. Ainsi, un robot industriel n'a rien à voir avec un explorateur martien… Un parcours qui se termine, par la rencontre avec R2-D2 et Z-6PO, personnages de la saga *La Guerre des étoiles*. **M. N.**
Et l'homme… créa le robot. Musée des Arts et Métiers, 60, rue Réaumur, jusqu'au 3 mars 2013. Rens. : 01.53.01.82.00.

CONFÉRENCES

PARIS
Demain, quels humains ?
Débat organisé par l'association Rencontres et débats autrement et *Sciences et Avenir*, avec le philosophe Roger-Pol Droit et la journaliste Monique Atlan.
Mairie du IIe arrondissement, 8, rue de la Banque, le 27 novembre à 20 h 30. Rens. : 01.53.29.75.02.

Nouveau dispositif de spatialisation sonore à l'Ircam
L'espace de projection sonore de l'Ircam a été équipé d'une ceinture de 264 haut-parleurs régulièrement répartis et d'un dôme de 75 haut-parleurs.
Il sera inauguré avec la diffusion d'un ensemble de créations récentes et d'œuvres plus anciennes.
Ircam, espace de projection, 1, place Igor-Stravinsky, le 29 novembre à 19 h. Rens. : 01.44.78.12.40.

Les assises du vivant
Elles auront pour thème « Que vaut la vie 2.0 ? », c'est-à-dire l'impact social, économique et écologique des biotechnologies. Au programme : conférences, ateliers et tables-rondes avec des chercheurs, des politiques, des industriels et des représentants d'associations.
Unesco, 125, avenue de Suffren, le 30 novembre à partir de 9 h. Rens. : 09.51.37.36.21.

Exploration spatiale de Mars : enjeux et découvertes
Par Jean-Pierre Bibring, de l'Institut d'astrophysique spatiale à Orsay.
Ecole normale supérieure, amphithéâtre Rataud, 45, rue d'Ulm, le 5 décembre à 14 h 30. Rens. : 01.43.26.59.02.

Néolithique et biodiversité
Par Jean-Denis Vigne, directeur de recherche au Muséum.
Institut de paléontologie humaine, amphithéâtre, 1, rue René-Panhard, le 6 décembre à 18 h 30. Rens. : 01.44.05.72.31.

Peut-on comparer le gigantisme des dinosaures et celui des mammifères actuels ?
Par Ronan Allain et Vivian de Buffrénil, paléontologues au Muséum, et Norin Chaï, vétérinaire en chef à la ménagerie du Jardin des plantes.
Muséum national d'histoire naturelle, Grande Galerie de l'Evolution, auditorium, 36, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, le 10 décembre à 18 h. Rens. : 01.40.79.30.00.

Les perturbateurs endocriniens : quels risques ?
Par Robert Barouki, directeur de l'unité Inserm « Pharmacologie, toxicologie et signalisation cellulaire ».
Musée des Arts et Métiers, amphithéâtre Abbé-Grégoire, le 13 décembre à 18 h 30. Rens. : 01.40.27.20.00.

RENNES
Les Terres rares : une famille unie avec de très fortes personnalités
Par Jacques Lucas, chimiste au Laboratoire verres et céramiques de l'université de Rennes-I.
Espace des sciences, Champs-Libres, cours des Alliés, le 4 décembre à 20 h 30. Rens. : 02.23.40.66.00.

VILLENEUVE-D'ASCQ
Florence et la naissance de la science moderne.
Par Bernard Maitte, professeur émérite à l'université Lille-1
Cité scientifique, Espace culture, le 18 décembre à 18 h 30. Rens. : 03.20.43.69.09.

Le buzz du mois

De bouche à oreille

C'est d'abord une voix, grave, suave. L'oreille collée à l'ampli, bien installé dans son fauteuil ou calé dans ses oreillers (on est samedi, il est 11 heures du matin…), on savoure les quelques notes de musique étranges et bondissantes annonciatrices d'une heure de pur bonheur : l'émission « Sur les épaules de Darwin », diffusée depuis deux ans sur France Inter. On ferme les yeux, le voyage commence… Jean-Claude Ameisen nous emporte vers le continent infini de la connaissance. *« Se tenir sur les épaules des géants et voir plus loin, à travers l'invisible, à travers l'espace et à travers le temps… Voir en nous, au plus profond de nous, quand nous nous retirons du monde pendant notre sommeil. »* Qu'il nous parle de cosmologie, d'évolution ou de physique, ce brillant chercheur en immunologie se fait conteur, griot même, de ceux qui savent ouvrir les portes du mystère. De cette émission culte, le nouveau président du Comité consultatif national d'éthique vient de faire un livre, sélectionnant une quinzaine de chroniques. Pour refaire le voyage, cette fois les yeux ouverts.

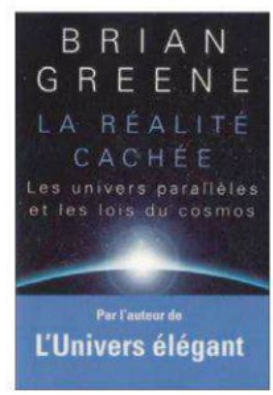
Carole Chatelain

Sur les épaules de Darwin, les battements du temps, Jean-Claude Ameisen, Les Liens qui Libèrent, 444 p., 22,50€

Les meilleurs des mondes

Le physicien américain examine ici la possibilité de l'existence d'univers multiples et les conséquences inattendues qui pourraient en découler.

Cela fait des siècles que les physiciens nous ont habitués à ne pas nous fier à notre sens commun. A cet effet, le XXe siècle a apporté son lot d'incroyables surprises. D'une part, la nature de l'espace et du temps a été bouleversée : là où nous nous agrippions à une trame solide, il n'y a plus rien d'absolu, le tissu de l'espace se délite, le temps devient fuyant. Celui-ci ralentit parfois son cours et – nous le savons depuis Einstein –, les secondes battent au rythme de la matière nichée çà et là. Du côté de l'infiniment petit, un monde d'une grande complexité – une sorte d'harmonie imbriquée – a été découvert au cœur même de l'atome. Dans cet ouvrage, Brian Greene continue cette entreprise de déconstruction du « réel » vu par nos sens, en examinant la possibilité que d'autres univers que le nôtre puissent exister. Telle est cette « réalité cachée » que nous dévoile ici l'auteur et son acceptation implique une foule de conséquences plus abracadabrantes les unes que les autres. Ainsi, l'espace n'aurait pas moins de dix dimensions au lieu des trois habituelles (hauteur, largeur épaisseur), les particules élémentaires qui composent la matière disparaîtraient toutes au profit d'une unique « corde » dont les vibrations nous paraissent comme autant de particules différentes, et, telles des bulles de champagnes qui pétillent, les univers pourraient se cogner, se fuir ou disparaître. Le physicien propose une description lumineuse de ces mondes supposés, baptisés univers-bulles, feuillets, patchwork ou encore hologrammes, comme ces reflets d'images qui brouillent nos sens en apportant l'illusion d'une épaisseur là où il n'y a qu'un plan.



La Réalité cachée, Brian Greene, Robert Laffont, 510 p., 23,50 €

Fable poétique ou images oniriques, ces univers parallèles ont-ils une existence réelle ? Certes, Brian Greene peut pointer quelques-unes des retombées indirectes de leur existence, qui pourraient être cernées dans les accélérateurs de particules. Constitueraient-elles cependant des preuves absolues ? Non, répond l'auteur, des indications tout au plus. Mais faut-il voir et sentir pour accorder aux objets un statut de réalité ? Il suffit de les inclure dans une description mathématique cohérente du monde… soutient-il. D'autant que ces univers multiples devraient sauver la cosmologie d'une impasse ontologique. Car si l'Univers est unique, conforme à celui dans lequel nous vivons, il est tentant de remarquer des coïncidences extraordinaires : son contenu, sa forme, jusqu'aux constantes fondamentales de la physique qui y ont cours, bref toutes les caractéristiques du cosmos dans lequel nous vivons, semblent finement ajustés pour permettre l'apparition de la vie. Ce constat est à l'origine d'une dérive créationniste : aurait-il été façonné pour porter l'homme ? L'existence d'une multitude d'univers remet le hasard au cœur de l'énigme de la vie. Ainsi, seul un monde parmi une foultitude d'autres présente, par le plus grand des hasards, les conditions favorables à l'apparition de l'homme.

Azar Khalatbari

■ *Le beau livre*

Tara Océans, chroniques d'une expédition scientifique

La goélette « Tara » a parcouru, durant deux ans et demi, les océans du monde pour réaliser la première étude à l'échelle planétaire des récifs coralliens et du plancton marin. Pour relater une telle expédition, deux points de vue complémentaires ont uni leur plume : le regard d'expert d'Eric Karsenti, directeur scientifique de l'expédition « Tara Océans », et le récit d'une aventure humaine par Dino Di Meo, journaliste au quotidien *Libération*. Cela donne un ouvrage facile à lire, passionnant d'un point de vue scientifique, et particulièrement beau à regarder : plusieurs photographes ont embarqué tout au long de cette aventure, nous offrant ainsi un superbe album photo.
Une mention particulière aux images de plancton réalisées par Christian Sardet, chercheur à l'observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer, qui nous font découvrir un monde microscopique d'une surprenante beauté. ✪ **S. R.**

Eric Karsenti et Dino Di Meo, Actes Sud/Tara expéditions, 270 p., 29 €

F. LAVRILLE/TARA-EXPEDITIONS

Un deux-mâts de 36 mètres conçu pour une aventure scientifique unique au monde.

Et l'homme créa la Terre. Quand les fondamentalistes détournent la géographie, Bertrand Lemartinel, Francois Bourin éditeur, 280 p., 22 €

Géographie

De l'interprétation des paysages

Bienvenue dans un monde fantasmé, où la Terre a 6000 ans au lieu de 4,5 milliards d'années, où les continents ont existé depuis toujours et où le paysage est immuable et éternel. Dans cette vision dénaturée, un seul événement, dûment relaté dans la Bible, aurait marqué les temps géologiques : le déluge. Et si l'on s'interroge sur les mécanismes qui provoquent séisme ou éruptions volcaniques, la réponse est toute trouvée : ce sont les méfaits des hommes qui seraient à l'origine de toutes les catastrophes naturelles. Dans ce monde où toutes les couches géologiques datent du début de la Genèse, la théorie de l'évolution n'a bien sûr plus cours, les fossiles ne pouvant s'échelonner dans le temps…
Bertrand Lemartinel, professeur de géographie physique à l'université de Perpignan, nous prévient : on aurait tort de sourire à ces interprétations littérales de l'Ancien Testament et du Coran. Car, comme le montre sa remarquable enquête, l'offensive des fondamentalistes est en cours dans le domaine de la géographie pour interpréter le paysage. Un décryptage salutaire ! ✪ **A. Kh.**

Environnement

Un printemps à Tchernobyl

Emmanuel Lepage, Futuropolis, 168 p., 24,50 €

« Qu'est-ce qu'on va faire là-bas ? s'inquiète l'auteur dans le train du départ pour Tchernobyl. *J'allais découvrir des terres où rode la mort. »* Ce qui est vrai. Mais bien plus que cela, l'illustrateur ne pourra s'empêcher de croquer *« l'éclatante beauté des lieux »*, des enfants qui jouent, et sera presque déçu de ne pouvoir capturer l'invisible mort radioactive. Au lieu de ça, c'est une magnifique leçon de vie qu'il rapporte dans ses cartons à dessins. Un reportage en bande dessinée fortement conseillé. ✪ **H. R.**

Histoire

Hommes et femmes du Moyen Age

Sous la direction de Jacques Le Goff, Flammarion, 447 p., 35 €

C'est par de grands personnages présentés comme des « révélateurs de leurs temps et héros de la mémoire historique », qu'est évoqué le Moyen Age, dans ce beau livre élégamment illustré. Réels ou fabuleux, ils s'appellent Clovis, Pierre le Vénérable, Chrétien de Troyes, mais aussi, Arthur, le prêtre Jean, la papesse Jeanne, Merlin, Roland ou encore la Vierge Marie. Réuni sous la houlette de l'historien Jacques Le Goff, 43 auteurs de renom nous proposent ainsi les portraits de ces « lents créateurs de l'Europe ».
Ces hommes et femmes qui incarnèrent des siècles durant la période médiévale dans l'imaginaire collectif. ✪ **B. A.**

Agronomie

La fabrique à semences

En ces temps perturbés où les OGM, le séquençage du génome des plantes cultivées, les joutes judiciaires sur le brevetage du vivant font la une de l'actualité, il n'est pas inutile de regarder d'où ces débats sont issus. Christophe Bonneuil, chargé de recherche au CNRS en histoire des sciences et des techniques, et Frédéric Thomas, qui travaille sur l'histoire de l'amélioration des plantes à l'Institut de recherche pour le développement, se sont attachés à redonner une perspective historique à ces débats. Dans ce petit livre clair et précis, issu de comptes rendus de colloques organisés par l'Inra, ils rappellent ainsi que ce n'est qu'au début du XX[e] siècle, sous l'influence des travaux de Mendel, qu'est née l'industrie de la semence. Elle supplante rapidement les patients croisements de variétés pratiqués par les cultivateurs depuis le néolithique. Lucrative, la sélection variétale va supplanter les semences paysannes, les industriels faisant en sorte que les agriculteurs ne puissent plus produire leurs propres graines mais soient contraints de les racheter chaque année. Conséquences : la diversité génétique des blés, colzas ou maïs a dramatiquement chuté et nombre de variétés rustiques ont plus ou moins disparu.

ANGELO CAVALLI/PHOTONONSTOP/AFP

L'hégémonie de quelques variétés productives, mais fragiles, a par ailleurs obligé les agriculteurs à augmenter les doses d'engrais et de pesticides. Les OGM constituent une étape supplémentaire dans cette voie du « tout-technologique ». Mais les auteurs entrevoient une issue : aujourd'hui, le séquençage génomique oblige à réétudier les variétés rustiques porteuses de gênes d'intérêt et l'accent est mis sur le retour de l'agronomie, cet « art » de faire pousser les plantes en harmonie avec les sols et le climat. ❖

Loïc Chauveau

Semences, une histoire politique, Christophe Bonneuil et Frédéric Thomas, Editions Charles Léopold Meyer, 216 p., 21 €

Paléontologie

Evolution, l'histoire de l'homme

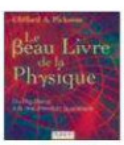
Alice Roberts, Delachaux et Niestlé, 26 p., 25,90 €

Ce guide visuel sur l'histoire de l'homme nous confronte à nos lointains ancêtres, grâce aux saisissantes reconstitutions des frères Kenny, deux « paléo-artistes » néerlandais, habitués à collaborer avec les chercheurs. Nourri de cartes, de graphiques, de photos, il met intelligemment en scène les dernières découvertes paléoanthropologiques, suit les migrations humaines et explore notre relation aux autres primates. Le point de vue est anglo-saxon (rien ou presque des travaux ou des hypothèses des scientifiques français ou chinois…), mais l'ensemble est de qualité. ✪ **R. M.**

Physique

Le Beau Livre de la physique

Clifford A. Pickover, Dunod, 528 p., 29 €



Prenez une poulie, inventée par Archimède vers 230 avant J.-C. : une roue, un axe, une corde et pourtant vingt-trois siècles plus tard, elle sert toujours à soulever des poids… Cette merveille de simplicité cohabite ici avec une foule d'objets, de concepts ou de personnages : le chat de Schrödinger, héros malgré lui d'une expérience de pensée qui illustre le comportement du monde subatomique, le rayon vert que les plus chanceux surprennent les soirs d'été au bord de la mer, les quasi-cristaux, aux propriétés étonnantes, et parmi cet inventaire iconoclaste passe le cerf-volant de Benjamin Franklin pour maîtriser la foudre. Le tout forme un beau livre plaisant et très didactique. ✪ **A. Kh.**

La sélection DVD

L'expédition prometteuse tourne court

Prometheus, Ridley Scott (Etats-Unis, 2012), DVD Fox

Il est l'auteur de deux des plus grands films d'anticipation : *Alien*, en 1979, et *Blade Runner*, en 1982. Trente ans plus tard, pour son retour à la science-fiction, Ridley Scott était attendu. *Prometheus* a été l'objet de tous les fantasmes… En 2089, en plusieurs points du globe, des archéologues discernent une même représentation d'un système solaire, comme un lien tendu par-delà les époques qui pourraient éclairer l'origine de l'humanité. L'homme a-t-il été créé par une civilisation avancée ? Une expédition est lancée aux confins de l'Univers pour retrouver cette mystérieuse planète.

Même si très en deçà de ses prédécesseurs, le film réserve quarante premières minutes plutôt convaincantes, spatiales, spéciales, crépusculaires, aux effets visuels plutôt novateurs. Malheureusement, ça se gâte ensuite. La psychologie des personnages s'avère simpliste et, surtout, la confusion qui a prévalu à l'écriture du scénario se voit à l'écran. Le spectateur perçoit les réécritures successives, sans parler des coupes au montage. L'intrigue se révèle plus emberlificotée qu'angoissante. *Prometheus*, promesse non tenue, ressemble plus à une commande bruyante destinée à poursuivre une licence archiculte qui ne cesse d'agoniser.

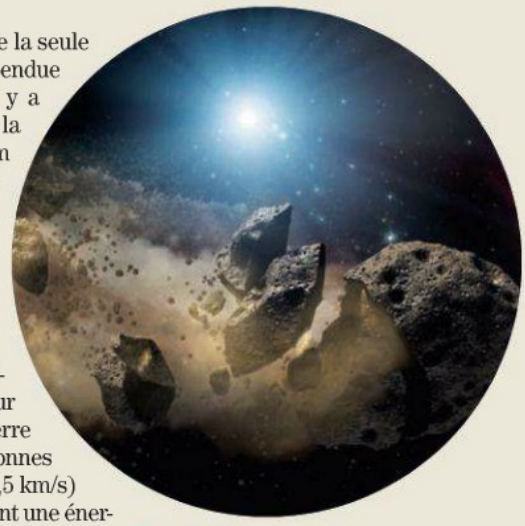
Yves Blanc

Le Monde, la chair et le diable

Ranal MacDougall (Etats-Unis, 1959)
DVD Wild Side

Pris dans un éboulement, un mineur attend des secours qui ne viendront jamais. Quand il parvient à rejoindre la surface, il découvre, horrifié, que toute vie semble avoir disparu… C'était les débuts du cinéma post-cataclysmique. Le film dénonce, de façon presque documentaire, le péril atomique. Les images de New York, envahi de voitures abandonnées, dépourvu de la moindre vie, sont visionnaires d'un genre devenu aujourd'hui particulièrement vigoureux, tant au cinéma qu'à la télévision. **Y. B.**

A lire d'urgence avant la fin du monde


NASA/JPL-CALTECH/UTPYLE (SSC)

Les astéroïdes sont peut-être la seule vraie épée de Damoclès suspendue au-dessus des hommes. Il y a 65 millions d'années, c'est la chute d'un corps de 10 km de diamètre qui a anéanti le règne des dinosaures. D'autres astéroïdes dits géocroiseurs menacent de s'écraser un jour sur la Terre. Le plus connu est Apophis, découvert en 2004. Les premiers calculs indiquaient qu'il avait 1 chance sur 37 de croiser la route de la Terre en 2029. Ses 25 millions de tonnes lancées à grande vitesse (12,5 km/s) sur notre planète dégageraient une énergie équivalente à celle de 34 000 bombes nucléaires ! De nouveaux calculs repoussèrent l'échéance à 2036… avec une probabilité de 1 sur 250 000 ! Néanmoins, la menace demeure, lorsque l'on sait que quelque 3 millions de corps errent ainsi autour de notre planète. Jean-Pierre Luminet, astrophysicien à l'observatoire de Paris-Meudon, fait ici le point de nos connaissances sur ces corps rocheux, et sur la nécessité de les surveiller pour éventuellement les détruire avant l'impact. Le livre s'achève sur l'analyse des divers scénarios de fin du monde prévus pour le 21 décembre 2012. Une lecture saine en des temps troublés. ✪ **Sylvie Rouat**

Astéroïdes : la Terre en danger, Jean-Pierre Luminet, Le Cherche midi, 272 p., 17€

Les Fins du monde

Jean-Noël Lafargue, François Bourin éditeur, 311 p., 45 €

Les humains n'en finissent pas de s'interroger sur leur fin. Chaque culture a imaginé ses apocalypses. Ce livre tente d'établir une histoire de toutes ces « fins du monde », depuis la Mésopotamie jusqu'à nos jours, à travers notamment ses représentations picturales, cinématographiques, historiques, littéraires. Un livre richement illustré. ✪ **S. R.**

Autopsie de l'apocalypse

Patrick Simon, éditions Bréal, 224 p., 18,90 €

Ce livre est le résultat d'un travail de documentation sur les fins du monde envisageables, qu'elles soient cosmiques, environnementales, sanitaires, etc. L'auteur regarde notre période comme l'apocalypse d'un monde dont le modèle économique, par exemple, arrive sans doute à sa fin. Original. Mais les chapitres sur les catastrophes naturelles (inversion du champ magnétique, trous noirs, etc.) sont souvent approximatifs. ✪ **S. R.**

Origine et fin du monde, selon les mythes et les religions

Joëlle Désiré-Marchand, Salvator, 636 p., 22 €

« Toute race qui emprunte à la tradition d'une autre race est vouée à l'extinction », déclara le Grand Esprit Baiame à l'humanité qu'il avait créée. Telle était l'idée antique de la fin du monde pour les Aborigènes australiens, idée qui est sans doute en train de se réaliser du fait de l'assimilation dans la civilisation occidentale. Ainsi, à travers les cosmologies d'une vingtaine de civilisations ou cultures anciennes et actuelles, de l'Egypte aux Incas, en passant par le christianisme… et les Mayas, la géographe Joëlle Désiré-Marchand expose différentes conceptions de création et fins du monde. Une mise en perspective très documentée. ❖ **S. R.**

✪ Tous publics ❖ Public motivé

Apocalypse menace imminente, les sectes en ébullition

Georges Fenech, Calmann-Lévy, 336 p., 18,50€

Georges Fenech, ancien juge d'instruction qui fut aussi responsable de la Mission interministérielle de vigilance et de lutte contre les dérives sectaires (Miviludes), livre un éclairage inquiétant sur le phénomène « fin du monde en 2012 ». Selon lui, les *« faussaires de Dieu, ceux qui sont passés maîtres dans l'exploitation des grandes peurs en se parant d'un messianisme nouveau, vont surfer sur la vague maya pour se remplir les poches au détriment des populations les plus vulnérables »*. En revisitant les « tueries-suicides » qui ont accompagné par le passé d'autres dates dites apocalyptiques, l'auteur s'inquiète de ce que des sectes pourraient fomenter pour le 21 décembre 2012. C'est peut-être cela la « vraie menace ». ✪ **S. R.**

Le Syndrome de Babylone

Alain Musset, Armand Colin, 320 p., 22,50 €

L'apocalypse est un sujet d'inspiration sans cesse renouvelé pour les auteurs de science-fiction. Géographe à l'EHESS, Alain Musset est passionné de science-fiction, et nous livre ici un ouvrage quasi encyclopédique sur les fins du monde dans cette littérature. ❖ **S. R.**

ET AUSSI…

12/21, Dustin Thomason, Calmann-Lévy, 400 p., 20,90 €
Un thriller, dans lequel deux hommes tentent de prendre la fin du monde de vitesse.

La Prophétie inca, le compte à rebours a commencé, Adrian d'Hagé, Les escales noires, 363 p., 21,50 €
A la recherche des crânes de cristal afin de déchiffrer l'ultime avertissement des Mayas.

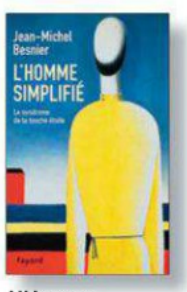
L'Apocalypse sans douleurs, Philéas, Marwanny corporation, 45 p., 5 €
La fin du monde traitée avec humour.

JEAN-PIERRE FERRARI / NECO / SIPA

ENTRETIEN AVEC Jean-Michel Besnier

"L'homme produit des techniques qui ont pour but d'abolir le langage"

Face à ce qu'il considère comme la soumission de l'homme aux machines, le philosophe veut réhabiliter la conscience, la connaissance et l'esprit critique.



L'Homme simplifié, Jean-Michel Besnier, Fayard, 210 p., 18€

Jean-Michel Besnier est professeur à la Sorbonne et à Sciences-Po Paris. Il a publié une douzaine d'essais, dont une *Histoire de la philosophie moderne et contemporaine* (Grasset 1993, Livre de poche 1998) et *Demain les posthumains* (Fayard 2010, Pluriel 2012).

Qui est l'« homme simplifié » de votre titre ?
C'est l'homme qui interagit avec les machines qui exigent de lui qu'il ait un comportement sans ambiguïté. C'est celui que nous sommes tous les jours quand nous avons affaire à un serveur vocal, ou à un centre d'appels qui nous demande des mots clés, d'actionner telle ou telle commande, ou d'appuyer sur la touche « étoile »… Tout cela automatiquement. A longueur de journée, cet homme simplifié ne cesse de solliciter des automates, pour commander un billet dans une gare, pour effectuer telle ou telle requête sur Internet, ce qui l'oblige à se couler dans un format – résultat d'une technologie qui a trié, hiérarchisé des connaissances, des procédures. Et il en demande toujours plus.

Est-ce positif ou négatif ?
C'est négatif. Si cela avait été positif, le terme que j'aurais choisi aurait été celui d'homme « simple ». Il y a en effet une simplicité tout à fait désirable, par exemple celle de Canadiens qui se regroupent en associations pour la « simplicité volontaire ». Ils essayent ainsi de tempérer des modes de vie hyperactifs, véritables fuites en avant, en recréant des moments humains, concertés, conviviaux.

Qu'arrive-t-il à cet homme simplifié ?
Il est contraint de supprimer en lui la complication. La complication, c'est ce qui fait que nous humains, sommes équivoques, ambigus, que nous entretenons des relations tantôt de séduction, tantôt d'agressivité. Nous avons des humeurs, et cela, les machines y sont réfractaires. Si je fais de l'humour face à un serveur téléphonique, il y a de fortes chances pour que je me retrouve très vite versé dans l'écoute des *Quatre Saisons* de Vivaldi !

Qu'entraîne cette expulsion de la complication ?
Elle conduit vers cet homme « augmenté » – simplifié ou augmenté, c'est la même chose – idéal des transhumanistes *(lire* S. et A *n° 712, juin 2006)*, qui attendent des progrès technologiques qu'ils réalisent véritablement l'humanité, en lui accordant le bien-être et le bonheur éternels. Cet homme est censé, grâce aux machines, mémoriser plus, aller plus vite, voir plus loin. Il va pouvoir toujours plus, plus, plus ! C'est « l'humanité plus ». Ce n'est pas l'idéal à mes yeux parce que cet homme augmenté, s'il développe une grande compétence dans l'ordre des automatismes, ne deviendra pas plus réflexif, argumentatif, ni plus apte à l'esthétique.

Est-ce grave ?
Oui, parce que cette « augmentation » expulse du monde de la connaissance la conscience, la représentation, la mise en perspective, la critique, bref, tout ce qui fait de nous des êtres intelligents et instruits. Est expulsé surtout le langage et ce qui, selon moi, fait la qualité de l'humain : tout ce qui est de l'ordre du symbolique, du conversationnel, de l'intériorité. On n'a pas besoin de la conscience quand on cède aux automatismes. Savez-vous que certains disent avec le plus grand sérieux que la conscience a été un avantage sélectif pour l'homme au cours de l'évolution mais qu'aujourd'hui, il n'en a sans doute plus besoin.

Selon eux, l'avenir de l'homme serait la machine ?
Bien sûr. La fusion de l'homme avec la machine. De moins en moins vulnérable, solitaire, cet homme n'aurait de surcroît plus besoin d'émotions. Alors qu'elles ont joué un rôle si important au cours son évolution, elles aussi ne lui seraient plus nécessaires. Sauf en manière de transition, par exemple comme émission de signaux utile aux robots. Parce que la simulation des émotions facilite encore l'empathie.

Croyez-vous vraiment que les machines auront le dernier mot, comme vous l'écrivez ?
C'est un risque si cette simplification ne provoque pas chez nous un électrochoc. Au cours des âges, l'hominisation, l'humanisation se sont faites par la coévolution de la technique et du langage. Tant qu'ils pouvaient se pondérer l'un l'autre, on était dans une situation harmonieuse. Or, aujourd'hui, l'homme produit des techniques qui ont explicitement pour but d'abolir ou de neutraliser le langage. C'est cela qui est dangereux.

Propos recueillis par Dominique Leglu

GUÉRIR 2 CANCERS SUR 3
NOUS, ON Y CROIT

Optimus - Crédit Photo : Frédéric Albert

Pas sans la recherche et pas sans vous.

En 20 ans, les progrès de la recherche ont permis de guérir 1 cancer sur 2. Aujourd'hui, guérir 2 cancers sur 3 est à notre portée. Mais pas sans la recherche et pas sans vous. Pour atteindre cet objectif d'ici 2025 et sauver encore plus de vies, la Fondation ARC, 1ère fondation française exclusivement dédiée à la recherche sur le cancer, s'engage à identifier, sélectionner et mettre en œuvre les programmes les plus prometteurs.

AGRÉÉE PAR COMITÉ DE LA CHARTE don en confiance

Faites un don à la Fondation ARC.
Rejoignez-nous sur :
www.guerir2cancerssur3.org

FONDATION ARC POUR LA RECHERCHE SUR LE CANCER

Reconnue d'utilité publique

peugeot.fr

AUTO

SPORT 200CH

HYbrid4
CONDUISEZ EN 4 DIMENSIONS

ZEV 100% ÉLECTRIQUE

4 ROUES MOTRICES

CONDUISEZ EN 4 DIMENSIONS

PEUGEOT DOUBLE LE BONUS ÉCOLOGIQUE.

★ BETC EURO RSCG - Automobiles PEUGEOT 552 144 503 RCS Paris.

3008 HYbrid4
CO_2 en g/km 99

508 HYbrid4
CO_2 en g/km 95

508 RXH
CO_2 en g/km 107

PEUGEOT RECOMMANDE TOTAL (1) 3008 HYbrid4, (2) 508 HYbrid4, (3) 508 RXH. **Consommation mixte (en l/100 km) : (1) 3,8 ; (2) 3,6 ; (3) 4,1.**

PEUGEOT DOUBLE LE BONUS ÉCOLOGIQUE, SOIT JUSQU'À 8000€ D'AVANTAGE CLIENT* dont jusqu'à 4000€ de bonus écologique – Véhicules fabriqués en France.

Vivez une nouvelle expérience de conduite grâce à la technologie HYbrid4 qui vous offre 4 modes de conduite. L'alliance d'un moteur Diesel HDi et d'un moteur électrique permet de réduire votre consommation de carburant** et vous garantit de faibles émissions de CO_2.

*Offre valable jusqu'au 31 octobre 2012, composée du montant du bonus écologique qui, pour les véhicules hybrides, est désormais équivalent à 10 % du prix d'acquisition du véhicule (hors frais annexes et accessoires) avec un plafond de 4000 € et d'une remise exceptionnelle d'un montant équivalent. **Jusqu'à – 42 % sur 3008 HYbrid4 vs le moteur 2,0L HDi 163ch FAP BVA6. ***Totalement hybride diesel.

TECHNOLOGIE HYbrid4 – FULL HYBRID DIESEL***

MOTION & EMOTION

PEUGEOT